

# ローカル5G検討作業班会合 ～28GHz帯・共用検討報告(追加)～

2019年3月14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
  - 共用検討の結果
    - 同期システム
    - 非同期システム(中間報告)
- 参考資料
  - 干渉検討モデルの主要諸元
  - 電波伝搬モデル

※)LOS:Line of Sight(見通し内)  
NLOS:Non Line of Sight(通し外)

## 電波伝搬モデルについて

### 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
- 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

| 干渉の組合せ    | LOS伝搬     |       | NLOS伝搬   |
|-----------|-----------|-------|--|
|           | 屋外⇒屋内※)   | 屋内⇒屋内 | 屋外⇒屋外  |
| 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<br>(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  |

非同期

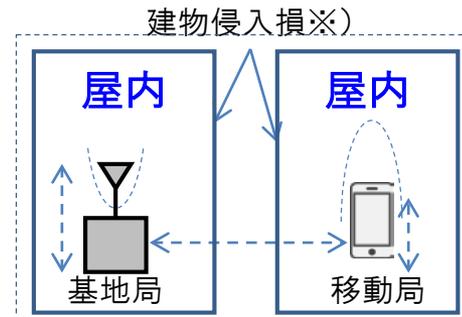
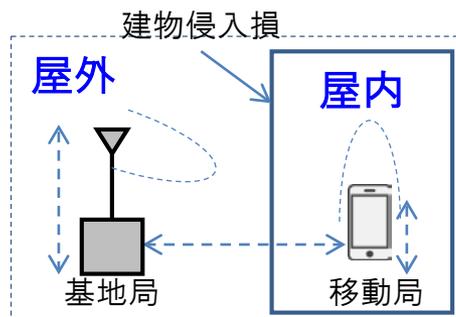
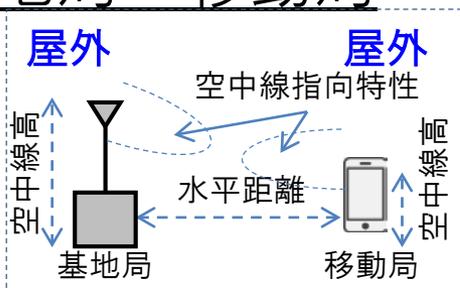
# 同一周波数を使用する5G相互間

## 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

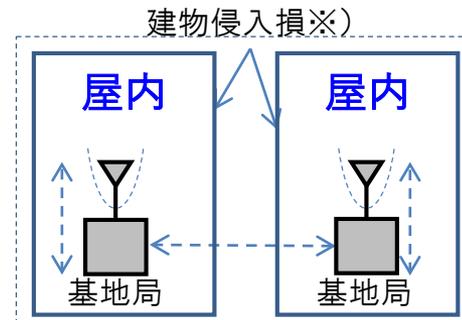
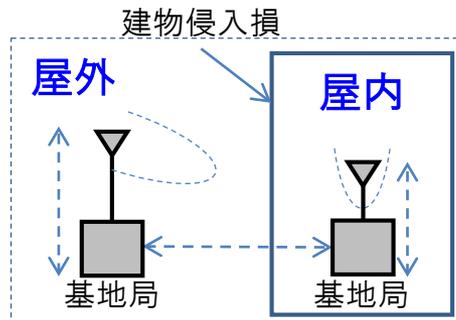
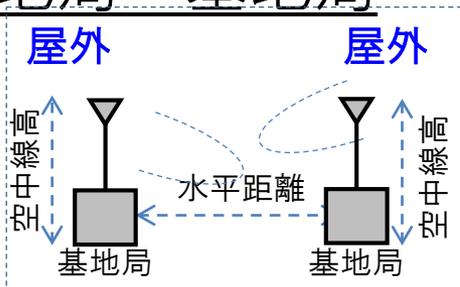
### ● 基地局⇔移動局

同期システム



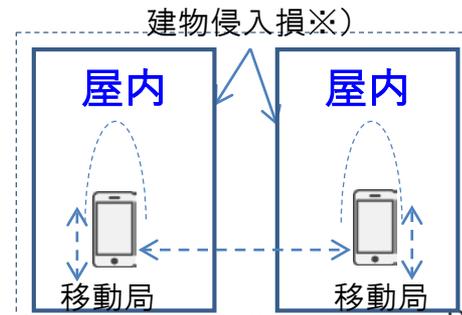
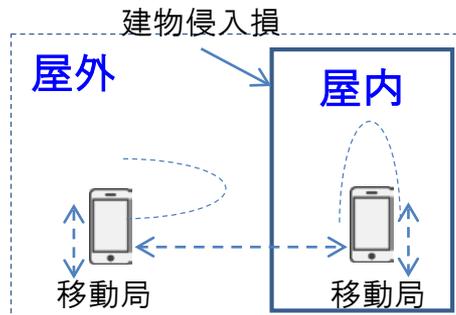
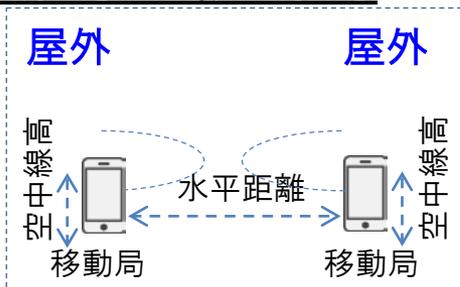
### ● 基地局⇔基地局

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)

| 与干渉<br>被干渉 | 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    |

# 同一周波数を使用する5G相互間

## 共用検討結果：同期システム

| 与干渉<br>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        |                        |  |       | 100 MHz 幅   | LOS<br>離隔 <b>36km</b>  | LOS<br>離隔 <b>27m</b> | 隣室 | LOS<br>離隔 <b>4.4m</b> (90度)<br>離隔 <b>27m</b> (0度) |  |
|            |                        |  |       |   | NLOS<br>離隔 <b>143m</b> |                      |    | 別建物   | LOS<br>離隔 <b>2.7m</b> (90度)<br>離隔 <b>5.0m</b> (0度) |
|            |                        |  |       | 200 MHz 幅   | LOS<br>離隔 <b>26km</b>  | LOS<br>離隔 <b>19m</b> | 隣室 | LOS<br>離隔 <b>4.1m</b> (90度)<br>離隔 <b>19m</b> (0度) |  |
|            |                        |  |       |   | NLOS<br>離隔 <b>115m</b> |                      |    | 別建物   | LOS<br>離隔 <b>2.4m</b> (90度)<br>離隔 <b>3.8m</b> (0度) |
|            |                        |  |       | 400 MHz 幅   | LOS<br>離隔 <b>18km</b>  | LOS<br>離隔 <b>13m</b> | 隣室 | LOS<br>離隔 <b>3.7m</b> (90度)<br>離隔 <b>13m</b> (0度) |  |
|            |                        |  |       |   | NLOS<br>離隔 <b>92m</b>  |                      |    | 別建物   | LOS<br>離隔 <b>2.1m</b> (90度)<br>離隔 <b>3.4m</b> (0度) |
| 陸上移動局      | LOS<br>離隔 <b>46km</b>  | LOS<br>離隔 <b>90m</b> (90度)<br>離隔 <b>4.5km</b> (0度) | 隣室    | LOS<br>離隔 <b>4.2m</b> (90度)<br>離隔 <b>18.3m</b> (0度) |                        |                      |    |   |  |
|            | NLOS<br>離隔 <b>163m</b> | NLOS<br>離隔 <b>9m</b> (90度)<br>離隔 <b>38m</b> (0度)   | 別建物   | LOS<br>離隔 <b>2.4m</b> (90度)<br>離隔 <b>3.7m</b> (0度)  |                        |                      |    |   |  |

※)屋内利用の移動局については、アンテナ方向90度(上向き)に加えて、0度(水平)のケースも追加検討した

# 同一周波数を使用する5G相互間

## 共用検討の過程と評価

### ● 基地局⇒移動局

【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⇒屋外  | 屋内⇒屋内  | 屋内⇒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      | 6      | 3      | 3      | 3      | 3      | m   |    |
| 被干渉局アンテナ高    | 1.5    | 1.5    | 1.5    | 1.5    | 1.5    | 1.5    | 1.5    | m   |    |
| 与干渉局アンテナチルト角 | 10     | 10     | 10     | 90     | 90     | 90     | 90     | deg |    |
| 被干渉局アンテナチルト角 | 0      | 90     | 0      | 90     | 0      | 90     | 0      | deg |    |
| 水平距離         | 46,000 | 90     | 4,500  | 4.2    | 18.3   | 2.4    | 3.7    | 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 | MHz |    |

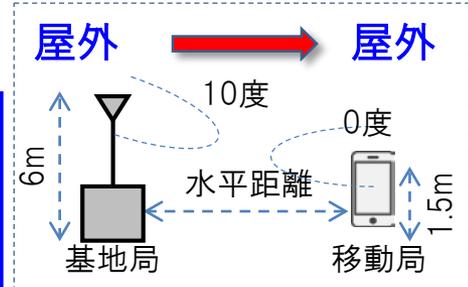
(2) 干渉量の計算

| 項目                         | 値        |        |         |        |        |        |        | 単位      | 備考                        |
|----------------------------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------------------------|
|                            | 屋外⇒屋外    | 屋外⇒屋内  | 屋内⇒屋外   | 屋内⇒屋内  | 屋内⇒屋内  | 屋内⇒屋内  | 屋内⇒屋内  |         |                           |
| 空中線電力                      | 5        | 5      | 5       | 0      | 0      | 0      | 0      | dBm/MHz |                           |
| アンテナ利得                     | 23       | 23     | 23      | 23     | 23     | 23     | 23     | dBi     |                           |
| 給電線損失                      | 3        | 3      | 3       | 3      | 3      | 3      | 3      | dB      |                           |
| 帯域幅                        |          |        |         |        |        |        |        | MHz     | 100~400MHz幅を想定            |
| EIRP密度                     | 25.0     | 25.0   | 25.0    | 20.0   | 20.0   | 20.0   | 20.0   | dBm/MHz |                           |
| 受信アンテナ利得(Grx)              | 20       | 20     | 20      | 20     | 20     | 20     | 20     | dBi     |                           |
| 受信給電線損失(Frx)               | 0        | 0      | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | dB      |                           |
| 許容干渉レベル(Y)                 | -110     | -110   | -110    | -110   | -110   | -110   | -110   | dBm/MHz |                           |
| Minimum Coupling Loss(MCL) | 155.0    | 155.0  | 155.0   | 150.0  | 150.0  | 150.0  | 150.0  | dB      | =B+Grx-Frx-Y              |
| 伝搬距離                       | 46000.00 | 90.11  | 4500.00 | 4.46   | 18.36  | 2.83   | 3.99   | m       |                           |
| 自由空間伝搬ロス(L)                | 154.64   | 100.47 | 134.45  | 73.85  | 86.63  | 68.99  | 72.75  | dB      | =20log(4π L f/c)          |
| 送信主ビーム方向                   | 10       | 10     | 10      | 90     | 90     | 90     | 90     | deg     |                           |
| 送信干渉方向                     | 0.01     | 2.86   | 0.06    | 19.65  | 4.69   | 32.01  | 22.07  | deg     |                           |
| 送信主ビームと干渉の角度差              | -9.99    | -7.14  | -9.94   | -70.35 | -85.31 | -67.99 | -67.93 | deg     |                           |
| 送信アンテナ指向減衰                 | -0.50    | -0.10  | -0.50   | -28.34 | -43.00 | -23.00 | -26.67 | dB      | チルト10度で最大値を使用             |
| 受信主ビーム方向                   | 0        | 90     | 0       | 90     | 0      | 90     | 0      | deg     |                           |
| 受信干渉方向                     | 0.01     | 2.86   | 0.06    | 19.65  | 4.69   | 32.01  | 22.07  | deg     |                           |
| 主ビームと干渉の角度差                | 0.01     | -87.14 | 0.06    | -70.35 | 4.69   | -67.99 | 22.07  | deg     |                           |
| 受信アンテナ指向減衰                 | 0        | -34.36 | 0       | -27.89 | -0.28  | -17.99 | -10.63 | dB      |                           |
| アンテナ指向減衰(A)                | -0.5     | -34.46 | -0.5    | -56.23 | -43.28 | -40.99 | -37.20 | dB      |                           |
| 付加損失(X)                    | 0        | 20.1   | 20.1    | 20.1   | 20.1   | 40.2   | 40.2   | dB      | 建物侵入損(損所率50%、Traditional) |
| 干渉量                        | -0.1     | 0.0    | 0.0     | -0.2   | 0.0    | -0.2   | -0.2   | dB      | =MCL-L+A-X                |

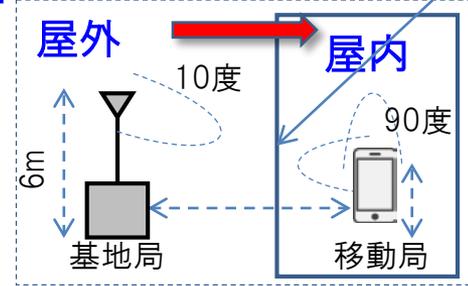
【LOSモデル(屋外⇒屋外)】  
離隔50km規模でのLOS環境は現実的ではないと考えられる

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離隔の短縮が期待できる。

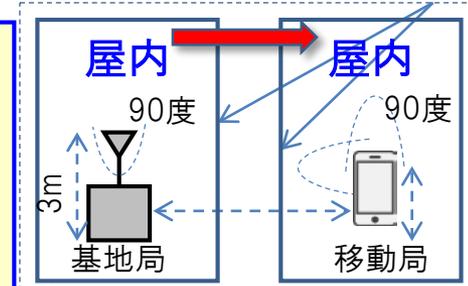
(全て正対)



建物侵入損



建物侵入損



【NLOSモデルで追加計算(屋外⇒屋内)】

90m(LOS) ⇒ 9m(チルト90度)  
4.5km(LOS) ⇒ 38m(チルト0度)

これらのケースでは、NLOS想定が、より現実的と考えられる。また、より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。

【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。160m程度の離隔は共存可能な範囲と考えられる。

|                          |        |        |        |
|--------------------------|--------|--------|--------|
| 水平距離(m)                  | 163    | 9      | 38     |
| NLOS伝搬モデル ITU-R P.1411※) | 154.74 | 114.36 | 134.44 |
| 送信主ビーム方向                 | 10.00  | 10.00  | 10.00  |
| 送信干渉方向                   | 1.58   | 26.57  | 6.75   |
| 送信主ビームと干渉の角度差            | -8.42  | 16.57  | -3.25  |
| 送信アンテナ指向減衰               | -0.20  | -0.20  | -0.10  |
| 受信主ビーム方向                 | 0      | 90     | 0      |
| 受信干渉方向                   | 1.58   | 26.57  | 6.75   |
| 主ビームと干渉の角度差              | 1.58   | -63.43 | 6.75   |
| 受信アンテナ指向減衰               | -0.07  | -21.76 | -0.65  |
| アンテナ指向減衰                 | -0.27  | -21.96 | -0.75  |
| 干渉量(dB)                  | 0.0    | -1.4   | -0.3   |

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



## ● 共用検討のまとめ

|                 | 結 論   |  |
|-----------------|---|--|
| 基地局<br>↓<br>移動局 | <p>163m(NLOS)<br/>基地局⇒移動局</p> <p>ビル陰 移動局</p> <p>ローカル5G基地局 (A免許人)</p> <p>ローカル5G基地局 (B免許人)</p> <p>サービスエリア (通信可能エリア)</p> | <p>【基地局⇒移動局】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>見通し外(NLOS)条件で、160m程度の離隔で共存は可能と考えられる。</li> <li>サイトエンジニアリングや、送信電力・アンテナ利得・指向性等の調整で、更なる離隔の短縮が期待できる。</li> <li>アンテナチルト(基本は下向き)や高いアンテナ設置等で見通し(LOS)条件とならないよう注意が必要。</li> <li>屋内利用では、壁による建物侵入損の効果で、より小さな離隔で共存が可能。</li> </ul> |
| 移動局<br>↓<br>基地局 | <p>143m(NLOS)<br/>移動局⇒基地局</p> <p>ビル陰 移動局</p> <p>ローカル5G基地局 (A免許人)</p> <p>ローカル5G基地局 (B免許人)</p> <p>サービスエリア (通信可能エリア)</p> | <p>【移動局⇒基地局】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>見通し外(NLOS)条件で、140m程度の離隔で共存は可能と考えられる。</li> <li>サイトエンジニアリングや、通信環境の改善による送信電力の低減、送信電力制御等の調整で、離隔の更なる短縮が期待できる。</li> <li>高所での移動局利用等、見通し(LOS)条件とならないよう注意が必要。</li> <li>屋内利用では、壁による建物侵入損の効果で、より小さな離隔で共存が可能。</li> </ul>       |

# 非同期システムの検討進捗

## 同一周波数を使用する5G相互間 (今回の報告書の対象外)

# 同一周波数を使用する5G相互間

## 共用検討状況：非同期システム

| 与干渉<br>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        | LOS<br>離隔 <b>43km</b>  | LOS<br>離隔 <b>34m</b> | 隣室<br>LOS<br>離隔 <b>0.14m</b>  | (同期システムの結果と共通)  |                       |   |   |
|            | NLOS<br>離隔 <b>470m</b> |                      | 別建物<br>LOS<br>離隔 <b>0.02m</b> |                 |                       |   |   |
| 陸上移動局      | (同期システムの結果と共通)         |                      |                               | 100<br>MHz<br>幅 | LOS<br>離隔 <b>38km</b> | LOS<br>離隔 <b>51m</b> (90度)<br>離隔 <b>3.8km</b> (0度)  | 隣室<br>LOS<br>離隔 <b>0.7m</b> (90度)<br>離隔 <b>3.8km</b> (0度)   |
|            |                        |                      |                               |                 | NLOS<br>離隔 <b>43m</b> | NLOS<br>離隔 <b>1.1m</b> (90度)<br>離隔 <b>39m</b> (0度)  | 別建物<br>LOS<br>離隔 <b>0.07m</b> (90度)<br>離隔 <b>375m</b> (0度)  |
|            |                        |                      |                               | 200<br>MHz<br>幅 | LOS<br>離隔 <b>27km</b> | LOS<br>離隔 <b>36m</b> (90度)<br>離隔 <b>2.67km</b> (0度) | 隣室<br>LOS<br>離隔 <b>0.49m</b> (90度)<br>離隔 <b>2.67km</b> (0度) |
|            |                        |                      |                               |                 | NLOS<br>離隔 <b>30m</b> | NLOS<br>離隔 <b>0.8m</b> (90度)<br>離隔 <b>28m</b> (0度)  | 別建物<br>LOS<br>離隔 <b>0.05m</b> (90度)<br>離隔 <b>265m</b> (0度)  |
|            |                        |                      |                               | 400<br>MHz<br>幅 | LOS<br>離隔 <b>19km</b> | LOS<br>離隔 <b>26m</b> (90度)<br>離隔 <b>1.89km</b> (0度) | 隣室<br>LOS<br>離隔 <b>0.35m</b> (90度)<br>離隔 <b>1.89km</b> (0度) |
|            |                        |                      |                               |                 | NLOS<br>離隔 <b>29m</b> | NLOS<br>離隔 <b>0.6m</b> (90度)<br>離隔 <b>20m</b> (0度)  | 別建物<br>LOS<br>離隔 <b>0.04m</b> (90度)<br>離隔 <b>187m</b> (0度)  |

※)屋内利用の移動局については、アンテナ方向90度(上向き)に加えて、0度(水平)のケースも追加検討した

# 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

### 基地局⇒基地局

【LOSモデル(屋外⇒屋外)】  
離隔40km規模でのLOS環境は現実的ではないと考えられる

(5G 基地局⇒5G基地局)

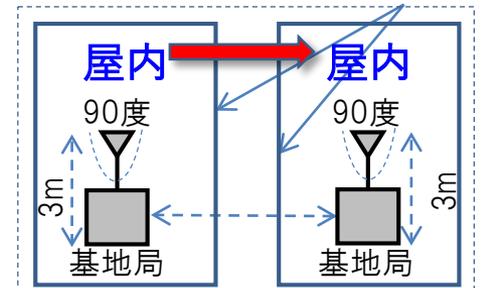
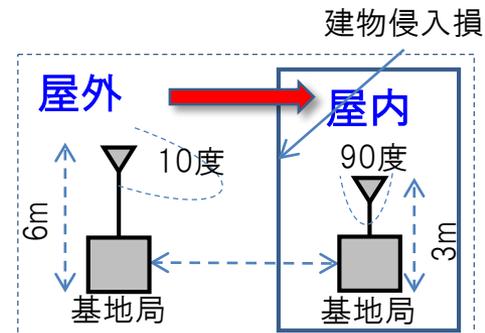
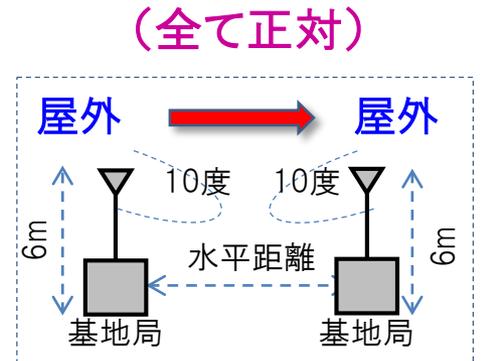
(1) 干渉モデル

| 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    | 6      | 3      | 3      | 3      | 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 | 10     | 90     | 90     | 90     | deg |    |
| 水平距離         | 43,000 | 34     | 0.14   | 0.02   | m   |    |
| 評価ポイントの周波数   | 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、基地局の送信電力、アンテナ利得調整等で離隔の短縮が期待できる

(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      |                           |
| 送信帯域幅                      | -      | -      | -      | -      | MHz     | 100~400MHz幅を想定            |
| EIRP密度(B)                  | 25.0   | 25.0   | 20.0   | 20.0   | dBm/MHz |                           |
| 受信アンテナ利得(Grx)              | 23     | 23     | 23     | 23     | dBi     |                           |
| 受信給電線損失(Frx)               | 3      | 3      | 3      | 3      | 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      | = B+Grx-Frx-Y             |
| 伝搬距離                       | 43000  | 34     | 0      | 0      | m       |                           |
| 自由空間伝搬ロス(L)                | 154.05 | 92.01  | 44.31  | 27.41  | dB      | = 20log(4π L f/c)         |
| 送信主ビーム方向                   | 10     | 10     | 90     | 90     | deg     |                           |
| 送信干渉方向                     | 0.0    | 5.0    | 0.0    | 0.0    | deg     |                           |
| 送信主ビームと干渉の角度差              | -10    | -5.0   | -90.0  | -90.0  | deg     |                           |
| 送信アンテナ指向減衰                 | -0.50  | -0.10  | -43.00 | -43.00 | dB      |                           |
| 受信主ビーム方向                   | 10     | 90     | 90     | 90     | deg     |                           |
| 受信干渉方向                     | 0.0    | 5.0    | 0.0    | 0.0    | deg     |                           |
| 主ビームと干渉の角度差                | -10.0  | 85.0   | 90.0   | 90.0   | deg     |                           |
| 受信アンテナ指向減衰                 | -0.50  | -43.00 | -43.00 | -43.00 | dB      |                           |
| アンテナ指向減衰(A)                | -1.00  | -43.1  | -86    | -86    | dB      |                           |
| 付加損失(X)                    | 0      | 20.1   | 20.1   | 40.2   | dB      | 建物侵入損(場所率50%、Traditional) |
| 干渉量                        | -0.1   | -0.2   | -0.4   | -3.6   | dB      | = MCL-L+A-X               |



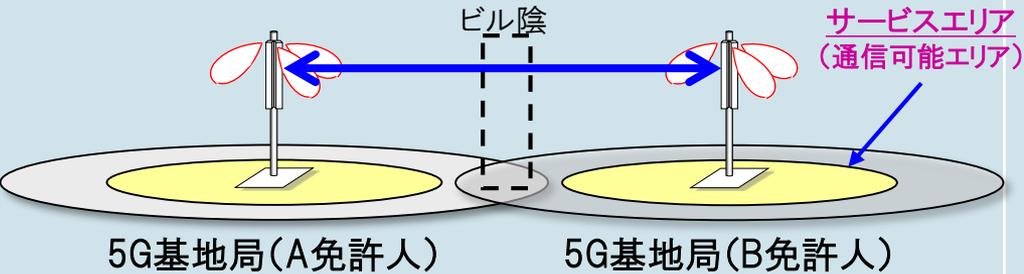
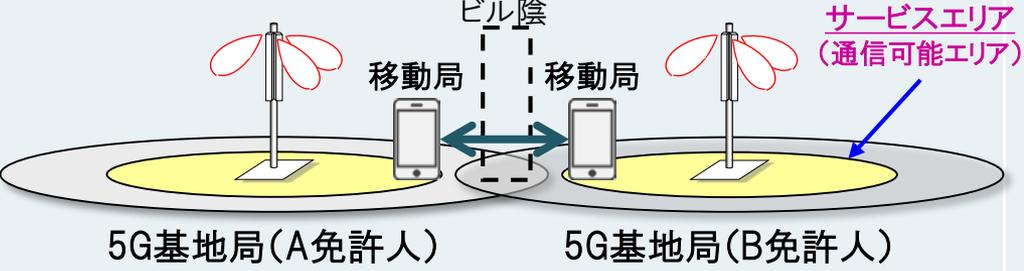
|  |        |
|--|--------|
| 水平距離(m)  | 26,000 |
| LOS自由伝搬+大気減衰(dB) ITU-R P.1411※)                              | 154.23 |
| 干渉量(dB)  | -0.2   |
| ※) Street canyon伝搬モデル(ミリ波・LOS条件)を使用(4.1項 4.1.2)              |        |
| 水平距離(m)  | 2,100  |
| NLOS伝搬モデル ITU-R P.1411※)                                     | 154.12 |
| 干渉量(dB)  | -0.1   |
| ※) Street canyon伝搬モデル(ミリ波・NLOS条件)を使用(4.1項 4.1.2)             |        |
| 水平距離(m)  | 470    |
| NLOS伝搬モデル ITU-R P.1411※)                                     | 154.10 |
| 干渉量(dB)  | -0.1   |
| ※) Over roof-top伝搬モデル(ミリ波・NLOS、Suburbanエリア条件)を使用(4.2項 4.2.2) |        |

【NLOSモデルで干渉計算(屋外⇒屋外)】  
与干渉局・被干渉局ともにビルの谷間にある状態を想定したNLOS計算(離隔1km以内を想定したモデルであるため、正しく計算できていない)

【NLOSモデルで干渉計算(屋外⇒屋外)】  
与干渉局が、目の前の建物よりも高い状態を想定したNLOS計算。500m規模の離隔は共存可能な範囲と考えられる。



## 共用検討のまとめ(中間報告)

|                 | 評価(中間)   |   |
|-----------------|--|---|
| 基地局<br>↓<br>基地局 | <p>470m(NLOS)<br/>基地局⇔基地局</p> <p>※43km(LOS)</p>  <p>5G基地局(A免許人)      5G基地局(B免許人)</p> | <ul style="list-style-type: none"><li>• <u>基地局⇔基地局</u><ul style="list-style-type: none"><li>➢ NLOSで500m程度の離隔が必要</li><li>➢ サイトエンジニアリングや、送信電力・アンテナ利得・指向性等の調整で、更なる離隔の短縮が期待できる</li><li>➢ アンテナチルト(基本は下向き)や高いアンテナ設置等で見通し(LOS)条件とならないよう注意が必要</li><li>➢ 屋内利用では、壁による建物侵入損の効果で、より小さな離隔で共存可能</li></ul></li></ul> |
| 移動局<br>↓<br>移動局 | <p>43m(NLOS)<br/>移動局⇔移動局</p>  <p>5G基地局(A免許人)      5G基地局(B免許人)</p>                   | <ul style="list-style-type: none"><li>• <u>移動局⇔移動局</u><ul style="list-style-type: none"><li>➢ NLOSで40m程度の離隔が必要だが、サービスエリア間でLOS条件とならないよう、サイトエンジニアリングの工夫を要する(=両免許人のサービスエリアの離隔距離に相当)</li><li>➢ 屋内利用(特に近接時)においては、移動局のアンテナ方向によって厳くなるケースも想定されるため、移動局の送信電力制御や、より遮蔽効果の高い壁対策を講じる必要がある。</li></ul></li></ul>      |

非同期運用については、『隣接周波数を使用する5G相互間』の  
共用検討結果と組合せて判断する必要がある(ガードバンド)

# 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<br>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<br>-28dBc (チャネル帯域幅 MHz 離調)<br>※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) |

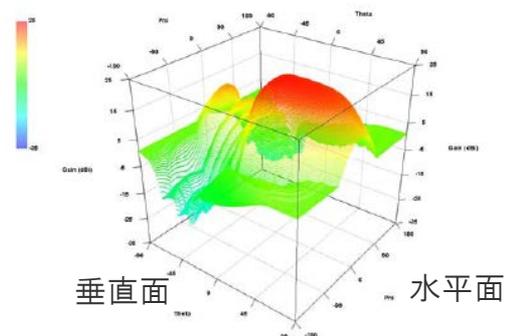
#### スモールセル局(受信側)

| 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<br>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) |

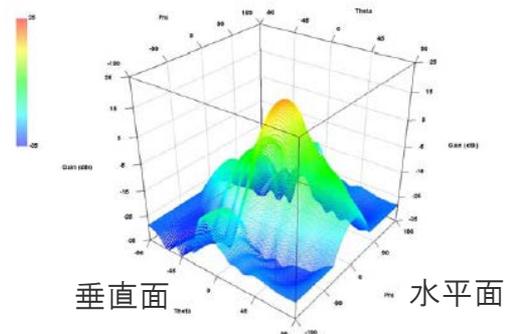
(注1) ITU-R における共用検討に基づく (Document 5-1/36-E)

(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。

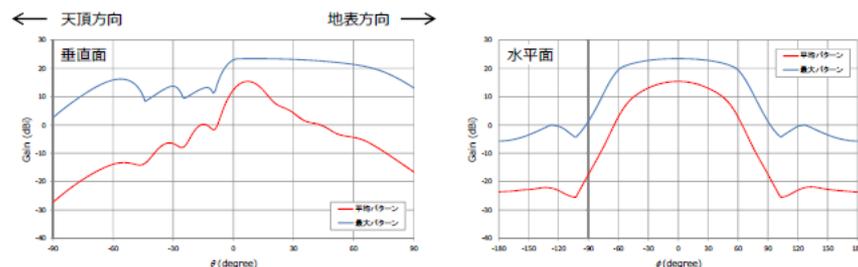


(a) 最大パターン



(b) 平均パターン

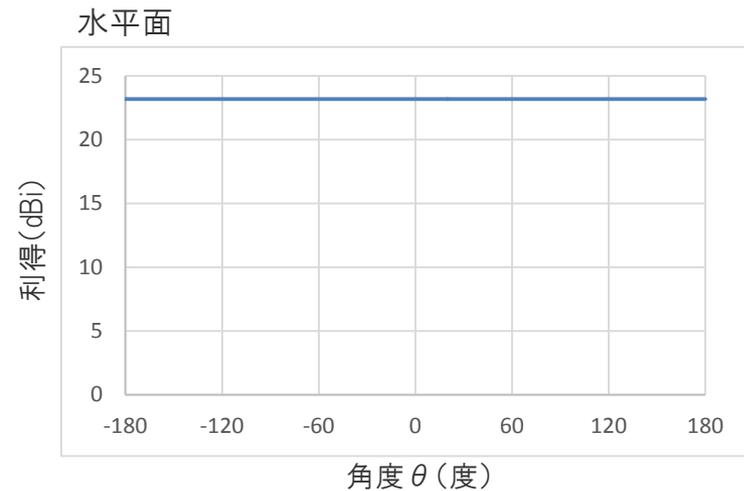
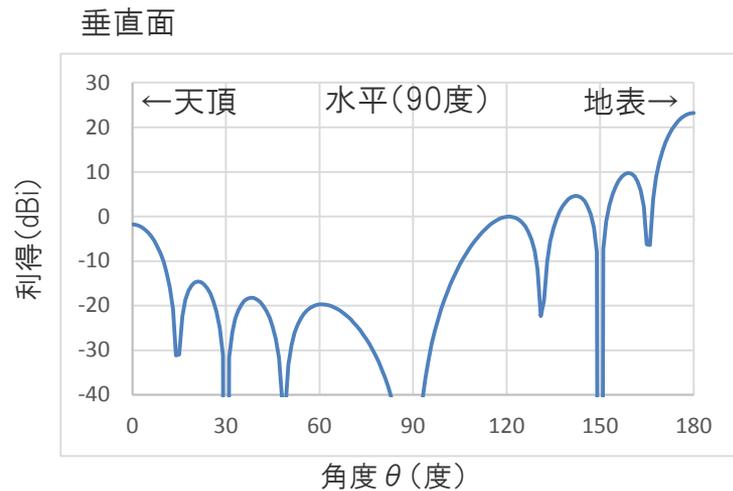
#### スモールセル局の空中線指向特性(参考)



#### 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)



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ベース)

※) 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)<br>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)   |

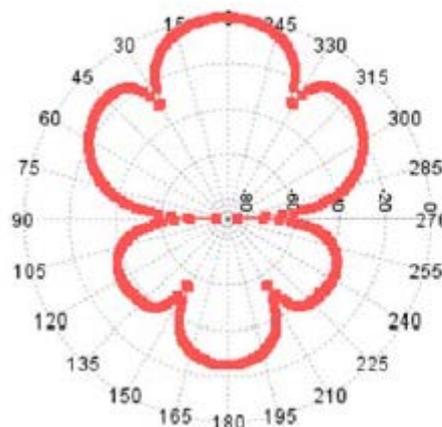
#### 陸上移動局(受信側)

| 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) |

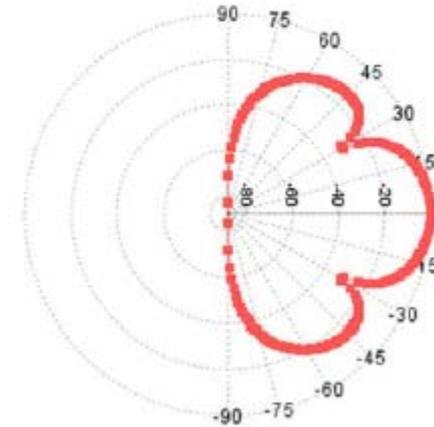
(注1) ITU-Rにおける共用検討に基づく (Document 5-1/36-E)

(注2) 3GPPの標準仕様に基づく

水平面



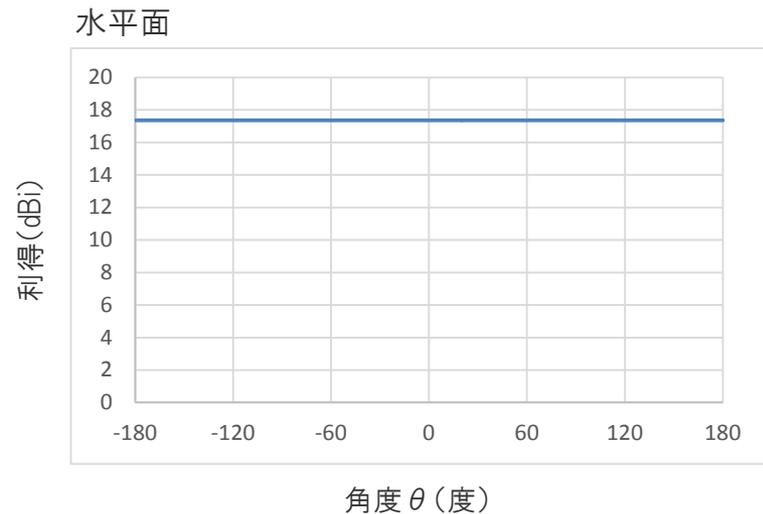
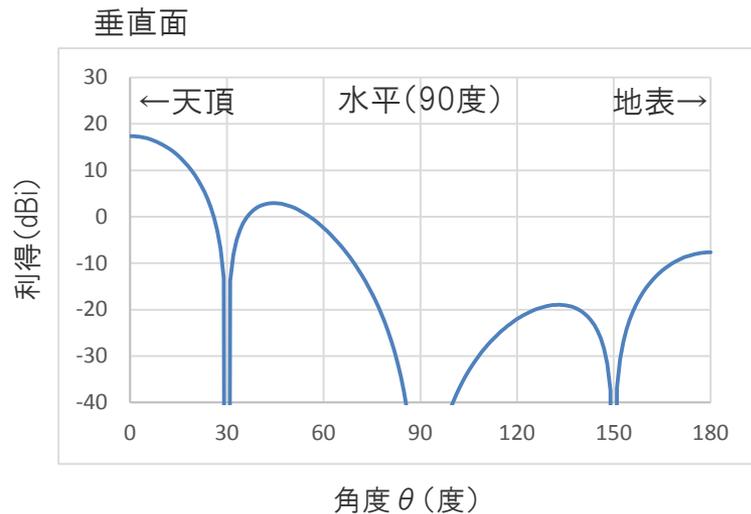
垂直面



陸上移動局の空中線指向特性(チルト0度)

## • 28GHz帯

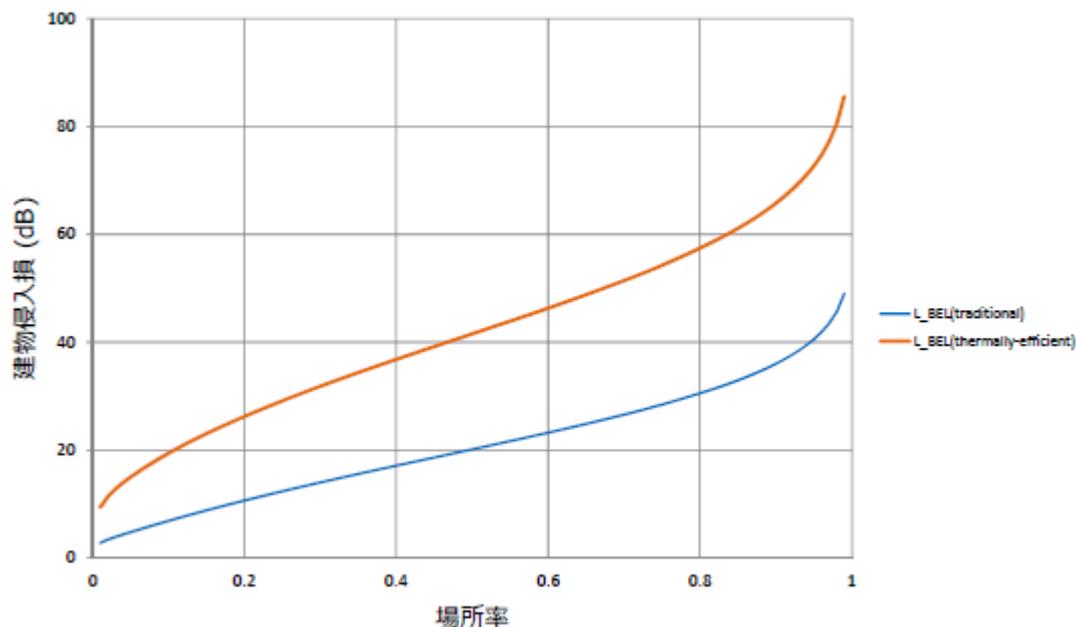
### • 陸上移動局



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 ベース)

※) 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



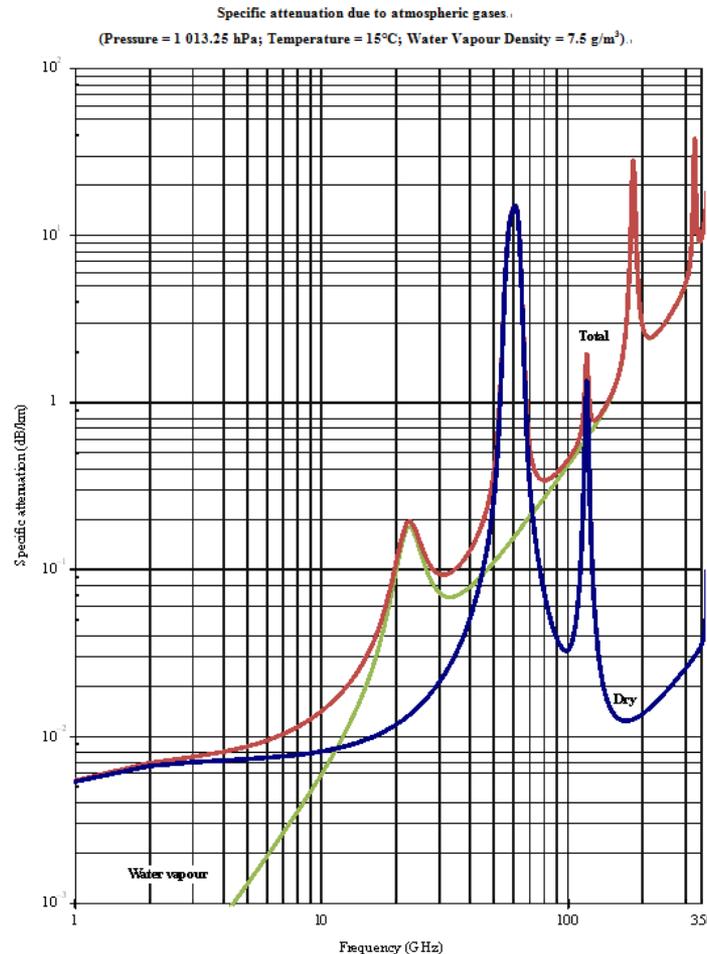
| 建物の種別 (注)           | 場所率に応じた建物侵入損 |        |        |        |
|---------------------|--------------|--------|--------|--------|
|                     | 5%           | 10%    | 20%    | 50%    |
| Traditional         | 4.8dB        | 6.9dB  | 10.6dB | 20.1dB |
| Thermally-efficient | 15.0dB      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



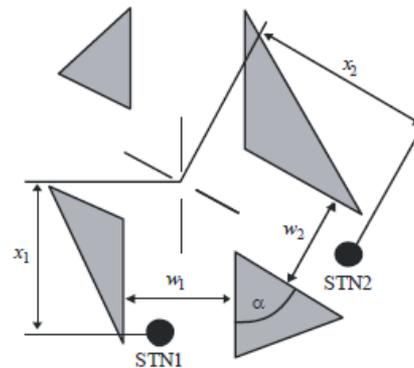
- [勧告ITU-R P.1411](#)

- ①street canyonモデル

- 4.1 Models for propagation within street canyons

- 同一周波数を使用する5G相互間の干渉検討の内、[基地局⇄基地局]条件で適用

FIGURE 3  
Definition of parameters for the NLoS2 case



【計算条件】

[基地局⇄基地局]

W1:30m

W2:30m

X1:100m

X2:100m

$\alpha$ :90度

d corner:30m

L corner:20dB

P.1411-03

The relevant parameters for this situation are:

$w_1$ : street width at the position of the Station 1 (m)

$w_2$ : street width at the position of the Station 2 (m)

$x_1$ : distance Station 1 to street crossing (m)

$x_2$ : distance Station 2 to street crossing (m)

$\alpha$ : is the corner angle (rad).

- 勧告ITU-R P.1411

- ①street canyonモデル

- 4.1 Models for propagation within street canyons
- 4.1.2 Site-specific model for LoS situation

*Millimetre-wave propagation*

At frequencies above about 10 GHz, the breakpoint distance  $R_{bp}$  in equation (3) is far beyond the expected maximum cell radius (500 m). This means that no fourth-power law is expected in this frequency band. Hence the power distance decay-rate will nearly follow the free-space law with a path-loss exponent of about 1.9-2.2.

With directional antennas, the path loss when the boresights of the antennas are aligned is given by

$$L_{LoS} = L_0 + 10n \log_{10} \frac{d}{d_0} + L_{gas} + L_{rain} \text{ dB} \quad (13)$$

where  $n$  is the path loss exponent,  $d$  is the distance between Station 1 and Station 2 and  $L_0$  is the path loss at the reference distance  $d_0$ . For a reference distance  $d_0$  at 1 m, and assuming free-space propagation  $L_0 = 20 \log_{10} f - 28$  where  $f$  is in MHz.  $L_{gas}$  and  $L_{rain}$ , are attenuation by atmospheric gases and by rain which can be calculated from Recommendation ITU-R P.676 and Recommendation ITU-R P.530, respectively.

Values of path loss exponent  $n$  are listed in Table 7.

TABLE 7

**Directional path loss coefficients for millimetre-wave propagation**

| Frequency (GHz) | Type of environment  | Half power beam width (degree) |        | Path loss exponent $n$ |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|--------|------------------------|
|                 |                      | Tx Ant                         | Rx Ant |                        |
| 28              | Urban very high-rise | 30                             | 10     | 2.21                   |
|                 | Urban low-rise       | 30                             | 10     | 2.06                   |
| 60              | Urban low rise       | 15.4                           | 15.4   | 1.9                    |

- 勧告ITU-R P.1411

- ①street canyonモデル

- 4.1 Models for propagation within street canyons
- 4.1.3 Site-specific model for NLoS situation

#### 4.1.3.2 Frequency range from 2 to 38 GHz

The propagation model for the NLoS2 situations as described in § 3.1.2 with the corner angle  $\alpha = \pi/2$  rad is derived based on measurements at a frequency range from 2 to 38 GHz, where  $h_1, h_2 < h_r$  and  $w_2$  is up to 10 m (or sidewalk). The path loss characteristics can be divided into two parts: the corner loss region and the NLoS region. The corner loss region extends for  $d_{corner}$  from the point which is 1 m down the edge of the LoS street into the NLoS street. The corner loss ( $L_{corner}$ ) is expressed as the additional attenuation over the distance  $d_{corner}$ . The NLoS region lies beyond the corner loss region, where a coefficient parameter ( $\beta$ ) applies. This is illustrated by the typical curve shown in Fig. 4. Using  $x_1, x_2$ , and  $w_1$ , as shown in Fig. 3, the overall path loss ( $L_{NLoS2}$ ) beyond the corner region ( $x_2 > w_1/2 + 1$ ) is found using:

$$L_{NLoS2} = L_{LoS} + L_c + L_{att} \quad (19)$$

$$L_c = \begin{cases} \frac{L_{corner}}{\log_{10}(1+d_{corner})} \log_{10}(x_2 - w_1/2) & w_1/2 + 1 < x_2 \leq w_1/2 + 1 + d_{corner} \\ L_{corner} & x_2 > w_1/2 + 1 + d_{corner} \end{cases} \quad (20)$$

$$L_{att} = \begin{cases} 10\beta \log_{10}\left(\frac{x_1 + x_2}{x_1 + w_1/2 + d_{corner}}\right) & x_2 > w_1/2 + 1 + d_{corner} \\ 0 & x_2 \leq w_1/2 + 1 + d_{corner} \end{cases} \quad (21)$$

where  $L_{LoS}$  is the path loss in the LoS street for  $x_1 (> 20 \text{ m})$ , as calculated in § 4.1.2. In equation (20),  $L_{corner}$  is given as 20 dB in an urban environment and 30 dB in a residential environment. And  $d_{corner}$  is 30 m in both environments.

In equation (21),  $\beta = 6$  in urban and residential environments for wedge-shaped buildings at four corners of the intersection as illustrated in case (1) of Fig. 5. If a particular building is chamfered at the intersection in urban environments as illustrated in case (2) of Fig. 5,  $\beta$  is calculated by equation (22). Because the specular reflection paths from chamfered-shape buildings significantly affect path loss in NLoS region, the path loss for case (2) is different from that for case (1).

$$\beta = 4.2 + (1.4 \log_{10} f - 7.8)(0.8 \log_{10} x_1 - 1.0) \quad (22)$$

where  $f$  is frequency in MHz.

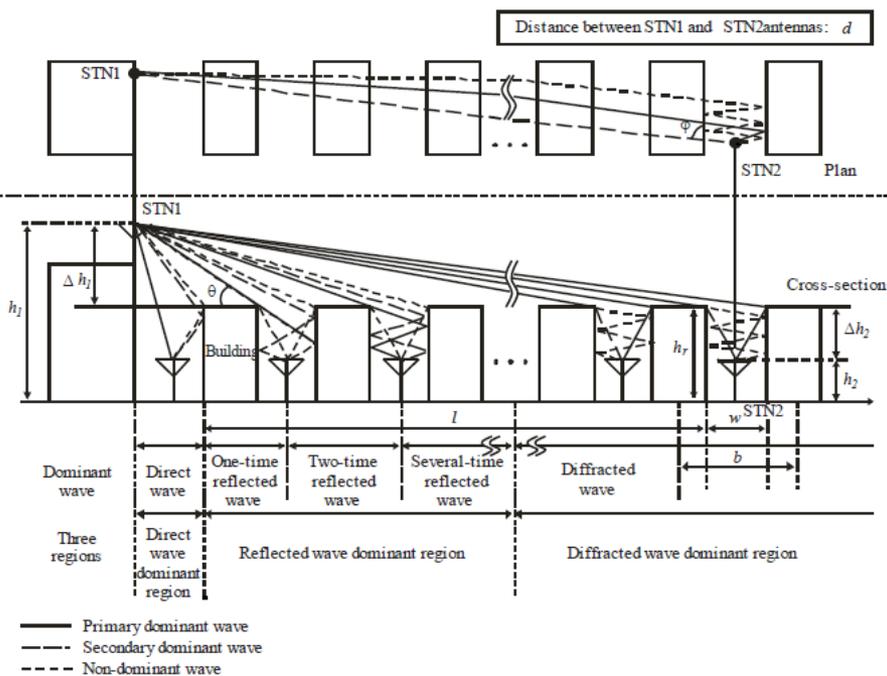
- 勧告ITU-R P.1411

- ②over roof-topモデル

- 4.2 Models for propagation over roof-tops

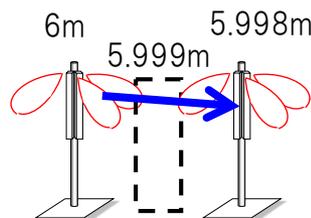
- 同一周波数を使用する5G相互間の干渉検討の内、[基地局⇒移動局][移動局⇒基地局][基地局⇔基地局]条件で適用

FIGURE 2  
Definition of parameters for the NLoS1 case

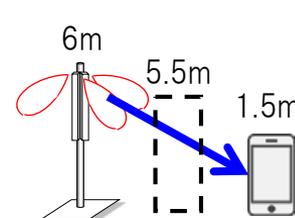


P.1411-02

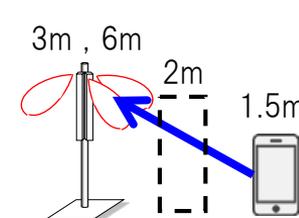
【計算条件】  
[基地局⇔基地局]  
hr:5.999m  
h1:6m  
h2:5.998m  
w:25m  
φ:90度



【計算条件】  
[基地局⇒移動局]  
hr:5.5m  
h1:6m  
h2:1.5m  
w:25m  
φ:90度



【計算条件】  
[移動局⇒基地局]  
hr:2m  
h1:1.5m  
h2:6m、3m  
w:25m  
φ:90度



The relevant parameters for this situation are:

- $h_r$ : average height of buildings (m)
- $w$ : street width (m)
- $b$ : average building separation (m)
- $\varphi$ : street orientation with respect to the direct path (degrees)
- $h_1$ : Station 1 antenna height (m)
- $h_2$ : Station 2 antenna height (m)
- $l$ : length of the path covered by buildings (m)
- $d$ : distance from Station 1 to Station 2.

## ● 勧告ITU-R P.1411

### ● ②over roof-topモデル

- 4.2 Models for propagation over roof-tops
- 4.2.2.2 Suburban area

#### 4.2.2.2 Suburban area

A propagation model for the NLoS1-Case based on geometrical optics (GO) is shown in Fig. 2. This Figure indicates that the composition of the arriving waves at Station 2 changes according to the Station 1-Station 2 distance. A direct wave can arrive at Station 2 only when the Station 1-Station 2 distance is very short. The several-time (one-, two-, or three-time) reflected waves, which have a relatively strong level, can arrive at Station 2 when the Station 1-Station 2 separation is relatively short. When the Station 1-Station 2 separation is long, the several-time reflected waves cannot arrive and only many-time reflected waves, which have weak level beside that of diffracted waves from building roofs, arrive at Station 2. Based on these propagation mechanisms, the loss due to the distance between isotropic antennas can be divided into three regions in terms of the dominant arrival waves at Station 2. These are the direct wave, reflected wave, and diffracted wave dominant regions. The loss in each region is expressed as follows based on GO.

$$L_{NLoS1} = \begin{cases} 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) & \text{for } d < d_0 \quad (\text{Direct wave dominant region}) \\ L_{0n} & \text{for } d_0 \leq d < d_{RD} \quad (\text{Reflected wave dominant region}) \\ 32.1 \cdot \log_{10} \left( \frac{d}{d_{RD}} \right) + L_{d_{RD}} & \text{for } d \geq d_{RD} \quad (\text{Diffracted wave dominant region}) \end{cases} \quad (48)$$

where:

$$L_{0n} = \begin{cases} L_{d_k} + \frac{L_{d_{k+1}} - L_{d_k}}{d_{k+1} - d_k} \cdot (d - d_k) & \text{when } d_k \leq d < d_{k+1} < d_{RD} \\ & (k = 0, 1, 2, \dots) \\ L_{d_k} + \frac{L_{d_{RD}} - L_{d_k}}{d_{RD} - d_k} \cdot (d - d_k) & \text{when } d_k \leq d < d_{RD} < d_{k+1} \end{cases} \quad (49)$$

$$d_k = \sqrt{\left( \frac{B_k}{\sin \phi} \right)^2 + (h_1 - h_2)^2} \quad (50)$$

$$L_{d_k} = 20 \cdot \log_{10} \left\{ \frac{4\pi d_{kp}}{0.4^k \cdot \lambda} \right\} \quad (51)$$

$$d_{RD}(f) = (0.25 \cdot d_3 + 0.25 \cdot d_4 - 0.16 \cdot d_1 - 0.35 \cdot d_2) \cdot \log_{10}(f) + 0.25 \cdot d_1 + 0.56 \cdot d_2 + 0.10 \cdot d_3 + 0.10 \cdot d_4 \quad (52)$$

(0.8 GHz ≤ f ≤ 38 GHz)

$$L_{d_{RD}} = L_{d_k} + \frac{L_{d_{k+1}} - L_{d_k}}{d_{k+1} - d_k} \cdot (d_{RD} - d_k) \quad (d_k \leq d_{RD} \leq d_{k+1}) \quad (53)$$

$$d_{kp} = \sqrt{\left( \frac{A_k}{\sin \phi_k} \right)^2 + (h_1 - h_2)^2} \quad (54)$$

$$A_k = \frac{w \cdot (h_1 - h_2) \cdot (2k + 1)}{2 \cdot (h_r - h_2)} \quad (55)$$

$$B_k = \frac{w \cdot (h_1 - h_2) \cdot (2k + 1)}{2 \cdot (h_r - h_2)} - k \cdot w \quad (56)$$

$$\phi_k = \tan^{-1} \left( \frac{A_k}{B_k} \cdot \tan \phi \right) \quad (57)$$

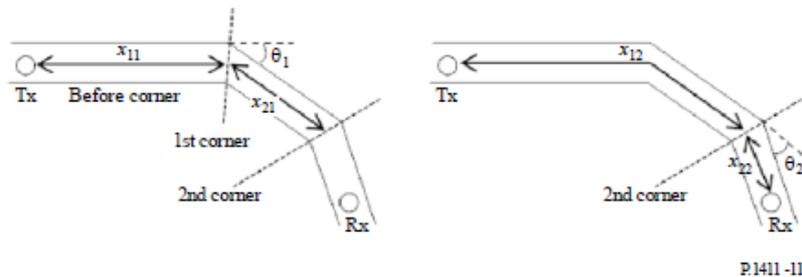
- 勧告ITU-R P.1411

- **③below roof-top(near street level)モデル**

- 4.3 Models for propagation between terminals located from below roof-top height to near street level
  - 同一周波数を使用する5G相互間の干渉検討の内、[移動局⇄移動局] 条件で適用
  - モデルの推奨周波数が2-26GHzレンジとなっているが、28GHzにおいても適用可能と想定して使用

FIGURE 11

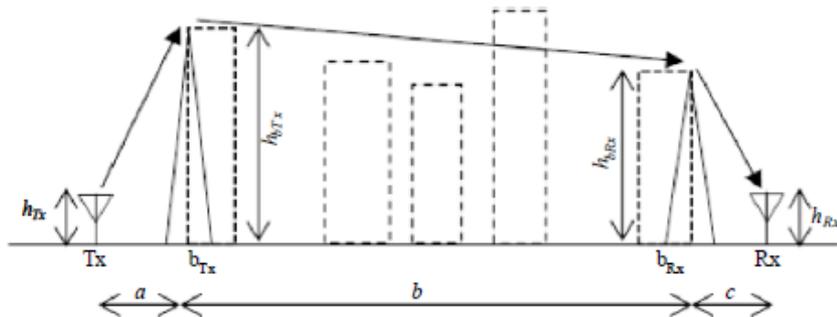
Road geometry and parameters (example for two corners)



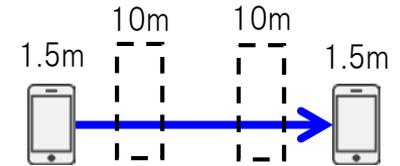
P.1411-11

FIGURE 12

Side view of building geometry and parameters



P.1411-12



【計算条件】

[移動局⇄移動局]

Corner数: 3(屋外⇒屋外)/3又は2(屋外⇒屋内)/0(屋内⇒屋内)

Corner角度: 90度

Cornerまでの距離x11: 屋外⇒屋外15m(屋外⇒屋内15m)

Cornerまでの距離x21: 屋外⇒屋外45m(屋外⇒屋内30m)

Cornerまでの距離x12: 屋外⇒屋外30m(屋外⇒屋内30m)

Cornerまでの距離x22: 屋外⇒屋外30m(屋外⇒屋内15m)

Cornerまでの距離x13: 屋外⇒屋外45m

Cornerまでの距離x23: 屋外⇒屋外15m

hbTx: 10m

hbRx: 10m

hTx: 1.5m

hRx: 1.5m

a: 25m

b: 75m

c: 25m

ビル密度n: 1000/km<sup>2</sup>

平均建物高m: 10m

- 勧告ITU-R P.1411

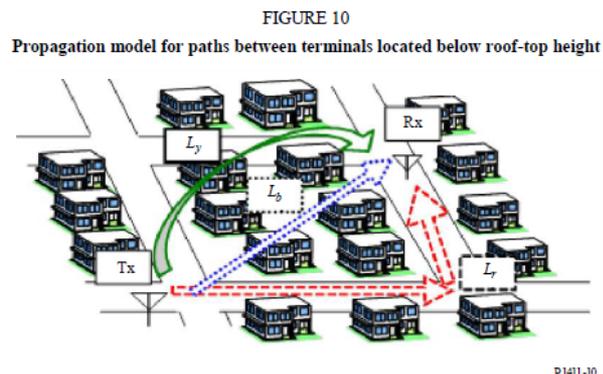
- ③below roof-top(near street level)モデル

- 4.3 Models for propagation between terminals located from below roof-top height to near street level
- 4.3.3 Site-specific model in residential environments

### 4.3.3 Site-specific model in residential environments

Figure 10 describes a propagation model that predicts whole path loss  $L$  between two terminals of low height in residential environments as represented by equation (71) by using path loss along a road  $L_r$ , path loss between houses  $L_b$ , and over-roof propagation path loss  $L_v$ .  $L_r$ ,  $L_b$ , and  $L_v$  are respectively calculated by equations (72)-(74), (75), and (76)-(81). Applicable areas are both LoS and NLoS regions that include areas having two or more corners. The path loss along a road  $L_r$  is dominant at a relatively nearby transmitter where there are only a few corners and the path loss between houses  $L_b$  becomes dominant as the distance between terminals increases because  $L_r$  increases as the number of corners increases. The over-roof propagation path loss  $L_v$  becomes dominant relatively far from the transmitter where  $L_b$  increases by multiple shielding of the buildings and houses.

This model is recommended for frequencies in the 2-26 GHz range. The maximum distance between terminals  $d$  is up to 1 000 m. The applicable road angle range is 0-90 degrees. The applicable range of the terminal antenna height is set at from 1.2 m to  $h_{Bmin}$ , where  $h_{Bmin}$  is the height of the lowest building in the area (normally 6 m for a detached house in a residential area).



$$L = -10 \log(1/10^{(L_r/10)} + 1/10^{(L_b/10)} + 1/10^{(L_v/10)}) \quad (71)$$

$$L_r = \begin{cases} L_{rbc} & (\text{before corner}) \\ L_{rac} & (\text{after corner}) \end{cases} \quad (72)$$

$$L_{rbc} = 20 \log(4\pi d / \lambda) \quad (73)$$

$$L_{rac} = L_{rbc} + \sum_i (7.18 \log(\theta_i) + 0.97 \log(f) + 6.1) \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-3.72 \cdot 10^{-5} \theta_i x_{1i} x_{2i}\right) \right\} \quad (74)$$

## ● 勧告ITU-R P.1411

### ● ③below roof-top(near street level)モデル

- 4.3 Models for propagation between terminals located from below roof-top height to near street level
- 4.3.3 Site-specific model in residential environments

$$L_b = 20 \log(4\pi d / \lambda) + 30.6 \log(d / R) + 6.88 \log(f) + 5.76 \quad (75)$$

$$L_v = 20 \log(4\pi d / \lambda) + L_1 + L_2 + L_c \quad (76)$$

$$L_1 = 6.9 + 20 \log\left(\sqrt{(v_1 - 0.1)^2 + 1} + v_1 - 0.1\right) \quad (77)$$

$$L_2 = 6.9 + 20 \log\left(\sqrt{(v_2 - 0.1)^2 + 1} + v_2 - 0.1\right) \quad (78)$$

$$v_1 = (h_{bTx} - h_{Tx}) \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)} \quad (79)$$

$$v_2 = (h_{bRx} - h_{Rx}) \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{c}\right)} \quad (80)$$

$$L_c = 10 \log \left[ \frac{(a+b)(b+c)}{b(a+b+c)} \right] \quad (81)$$

The relevant parameters for this model are:

- $d$ : distance between two terminals (m)
- $\lambda$ : wavelength (m)
- $f$ : frequency (GHz)
- $\theta_i$ : road angle of  $i$ -th corner (degrees)
- $x_{1i}$ : road distance from transmitter to  $i$ -th corner (m)
- $x_{2i}$ : road distance from  $i$ -th corner to receiver (m)
- $R$ : mean visible distance (m)
- $h_{bTx}$ : height of nearest building from transmitter in receiver direction (m)
- $h_{bRx}$ : height of nearest building from receiver in transmitter direction (m)
- $h_{Tx}$ : transmitter antenna height (m)
- $h_{Rx}$ : receiver antenna height (m)
- $a$ : distance between transmitter and nearest building from transmitter (m)
- $b$ : distance between nearest buildings from transmitter and receiver (m)
- $c$ : distance between receiver and nearest building from receiver (m).

Figures 11 and 12 below respectively describe the geometries and the parameters. The mean visible distance  $R$  is calculated by equations (82)-(85). In the equations,  $n$  is the building density (buildings/km<sup>2</sup>),  $m$  is the average building height of the buildings with less than 3 stories (m),  $l$  is the lowest building's height, which is normally 6 (m), and  $l_3$  is the height of a 3 story building, which is normally 12 (m).

$$R = \frac{1000\gamma}{mw_p(1 - e^{-\gamma})} \exp\left[\frac{h_{Rx} - l}{m - l}\right] \quad (82)$$

$$w_p = \frac{4}{\pi} w_0 \left\{ 1 - \frac{\alpha(1 - e^{-\delta\gamma})}{\delta^2(1 - e^{-\gamma})} \exp[-\beta h_{Rx}] \right\} \quad (83)$$

$$\gamma = \frac{l_3 - h_{Rx}}{m - l}, \quad \delta = 1 + \beta(m - l) \quad (84)$$

$$w_0 = 15 [m], \quad \alpha = 0.55, \quad \beta = 0.18 [m^{-1}] \quad (85)$$

**EOF**