

情報通信審議会 情報通信技術分科会
新世代モバイル通信システム委員会
技術検討作業班（第21回）資料

2. 3GHz帯における放送事業用との
共用検討の結果について

株式会社三菱総合研究所
2020年12月8日



以下のパターンで共用可能性を評価

LTE	NR
①基地局⇔FPU (同一帯域)	⑤基地局⇔FPU (同一帯域)
②基地局⇔FPU (隣接帯域)	⑥基地局⇔FPU (隣接帯域)
③端末⇔FPU (同一帯域)	⑦端末⇔FPU (同一帯域)
④端末⇔FPU (隣接帯域)	⑧端末⇔FPU (隣接帯域)

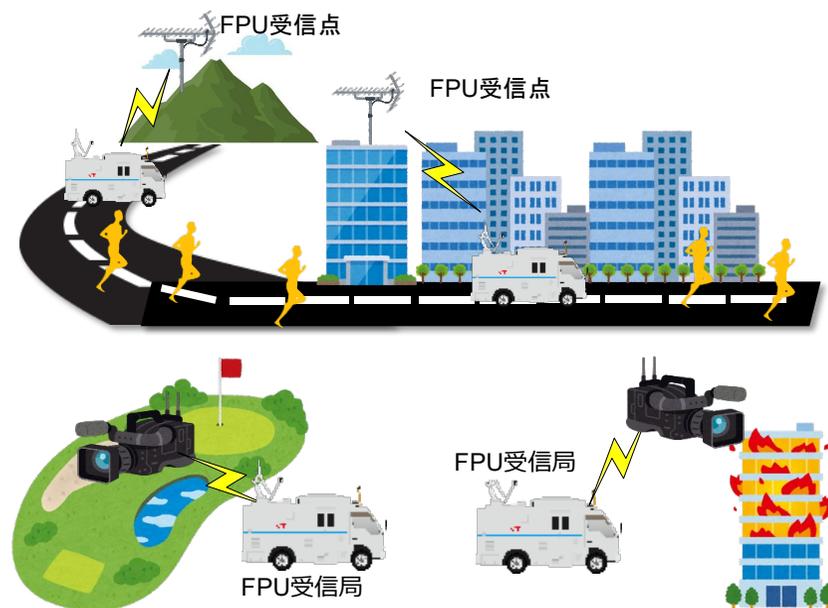
2.3GHz帯放送FPUの概要

放送FPUの概要

- 放送事業者は2.3GHz帯(2330~2370MHz)において、FPU (Field Pick-up Unit) と呼ばれる放送事業用無線システムを運用している。
- FPU は生中継の現場から放送局に向けて、映像素材を確実に伝送するための自営無線システムであり、伝送された情報はテレビ放送波に乗ってリアルタイムに視聴者に届くため、高品質かつ確実な信号伝送が要求される。
- 特に2.3GHz帯FPU は移動中継や見通し外中継に適した電波伝搬特性を持つため、ロードレースやゴルフをはじめとするスポーツ中継に欠かせないシステムであると同時に、報道・情報番組では複雑な中継環境での伝送に威力を発揮するなど、国民視聴者の知る権利に応えるためのシステムとして、きわめて重要な役割を果たしている。

放送FPUの主な利用シーン

- ニュース・報道番組や一般・イベント番組の取材現場や中継現場において、ワイヤレスカメラ等の送信機と、近傍などに設置された受信基地局の間の素材伝送
- ゴルフ中継やスポーツ中継において、移動する選手やリポーターの映像を撮影するワイヤレスカメラ等の送信機と、近傍などに設置された受信基地局の間の素材伝送
- マラソンや駅伝をはじめとするロードレース中継において、移動中継車やバイクに搭載したカメラの映像を送信する送信機から、周辺のビル屋上や山上などに設置された受信基地局との間の素材伝送
- その他、山岳中継や船上中継など、2.3GHz帯の伝送特性を活かした素材伝送



干渉検討パラメータ

■ 放送FPU：送信側に係る情報

伝搬環境	ユースケース	空中線電力[W]	空中線利得[dBi]	空中線指向特性	系統損失[dB]	空中線地上高 [m]	隣接チャネル漏洩電力 [dBm/MHz]	屋内外	FPU運用ユースケース
都市部	1	0.5W	4dBi	無指向として計算	2dB	3m	-16.4dBm/MHz (100mW以下であり且つ基本周波数の平均電力より50dB低い値)	屋内	屋内企画中継
	2	0.5W	4dBi					屋内	屋内スタジアム中継
	3	0.5W	4dBi					屋外	屋外企画中継、報道中継
	4	20W	6dBi					屋外	屋外企画中継
	5	0.5W	4dBi					屋外	屋外スタジアム中継
	6	40W	8dBi					屋外	ロードレース中継
	7	40W	8dBi					屋外	ロードレース中継
郊外部	8	0.5W	4dBi					屋外	屋外企画中継、報道中継
	9	0.5W	4dBi					屋外	屋外スタジアム中継、ゴルフ中継
	10	40W	8dBi					屋外	ロードレース中継
開放地	11	40W	8dBi					屋外	ロードレース中継
	12	40W	8dBi					屋外	ロードレース中継

干渉検討パラメータ

■ 放送FPU：受信側に係る情報

伝搬環境	ユースケース	空中線利得 [dBi]	空中線指向特性	系統損失 [dB]	屋内外	空中線地上高 [m]	FPU運用ユースケース
都市部	1	15dBi	無指向	2dB	屋内	15m	屋内企画中継
	2					30m	屋内スタジアム中継
	3				屋外	3m	屋外企画中継、報道中継
	4					15m	屋外企画中継
	5					30m	屋外スタジアム中継
	6					100m	ロードレース中継
	7					400m	ロードレース中継
郊外部	8	15dBi	無指向	2dB	屋外	3m	屋外企画中継、報道中継
	9					30m	屋外スタジアム中継、ゴルフ中継
	10					50m	ロードレース中継
開放地	11	15dBi	無指向	2dB	屋外	50m	ロードレース中継
	12					1000m	ロードレース中継

許容干渉基準：

-119.9 dBm/MHz (I/N=-10dB/NF=4dB)

項目	FPU	単位	備考
Bandwidth	17.5	MHz	ARIB STD-B57
Thermal Noise Power Density	-173.8	dBm/Hz	T=300K
Thermal Noise	-101.4	dBm	
Noise Figure	4	dB	平成25年度情報通信審議会情報通信技術分科会 放送システム委員会報告、及び、ITU-R M.1824より
I/N	-10	dB	
許容干渉電力/17.5MHz	-107.4	dBm	Bandwidthあたり
許容干渉電力/MHz	-119.9	dBm/MHz	MHzあたり

干渉検討パラメータ

■ 携帯電話：送信側に係る情報

LTE	空中線電力 [dBm/MHz]	系統損失 [dB]	空中線利得 [dBi]	空中線指向特性	空中線地上高 [m]	隣接チャネル漏洩電力 [dBm/MHz]	サイト間距離 (*1)
マクロセル基地局	36dBm/MHz	5dB	17dBi	保守的に無指向として計算	40m	-8.2dBm/MHz (-13dBm/MHzと-44.2dBc(参照帯域幅18MHz)の高い方)	・都市部:0.6km ・郊外部:1.2km ・開放地:6km
スモールセル基地局	20dBm/MHz	0dB	5dBi	無指向	10m	-13dBm/MHz (-13dBm/MHzと-44.2dBc(参照帯域幅18MHz)の高い方)	・都市部:0.6km ・郊外部:1.2km
陸上移動局	7dBm/MHz BWChannel40MHz	0dB (8dB:人体吸収損)	0dBi	無指向	1.5m	-26dBm/MHz (-50dBm/3.84MHzと-33dBcの高い方)	—

NR	空中線電力 [dBm/MHz]	系統損失 [dB]	空中線利得 [dBi]	空中線指向特性 (*2)	空中線地上高 [m]	隣接チャネル漏洩電力 [dBm/MHz]	サイト間距離 (*1)
マクロセル基地局	28dBm/MHz	3dB	23dBi (素子当たり5dBi、素子数8×8)	ITU-R M.2101 (機械チルト6°)	40m	-4dBm/MHz (-4dBm/MHzと-44.2dBc(参照帯域幅は当該チャネル帯域幅の最大実効帯域幅)の高い方)	・都市部:0.6km ・郊外部:1.2km ・開放地:6km
スモールセル基地局	5dBm/MHz	3dB	23dBi (素子当たり5dBi、素子数8×8)	ITU-R M.2101 (機械チルト10°)	10m	-16dBm/MHz (-16dBm/MHzと-44.2dBc(参照帯域幅は当該チャネル帯域幅の最大実効帯域幅)の高い方)	・都市部:0.6km ・郊外部:1.2km
陸上移動局	7dBm/MHz BWChannel40MHz	0dB (8dB:人体吸収損)	0dBi	無指向	1.5m	-26dBm/MHz (-50dBm/3.84MHzと-33dBcの高い方)	—

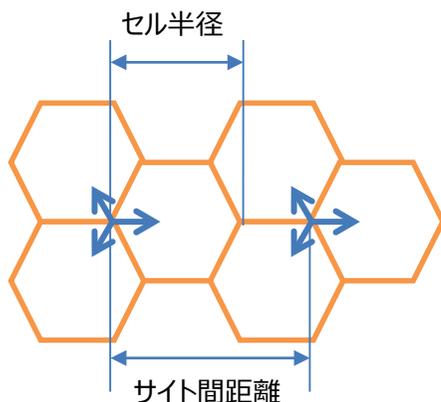
干渉検討パラメータ

■ 携帯電話：受信側に係る情報

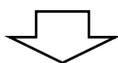
LTE	空中線利得 [dBi]	系統損失 [dB]	空中線指向特性	空中線地上高 [m]	許容干渉電力 [dBm/MHz]
マクロセル基地局	17dBi	5dB	保守的に無指向として計算	40m	-119dBm/MHz
スモールセル基地局	5dBi	0dB	無指向	10m	-114dBm/MHz
陸上移動局	0dBi	0dB (8dB: 人体吸収損)	無指向	1.5m	-111dBm/MHz

NR	空中線利得 [dBi]	系統損失 [dB]	空中線指向特性 (*2)	空中線地上高 [m]	許容干渉電力 [dBm/MHz]
マクロセル基地局	23dBi (素子当たり5dBi、素子数8×8)	3dB	ITU-R M.2101 (機械チルト6°)	40m	-115dBm/MHz
スモールセル基地局	23dBi (素子当たり5dBi、素子数8×8)	3dB	ITU-R M.2101 (機械チルト10°)	10m	-110dBm/MHz
陸上移動局	0dBi	0dB (8dB: 人体吸収損)	無指向	1.5m	-111dBm/MHz

(*1) サイト間距離について



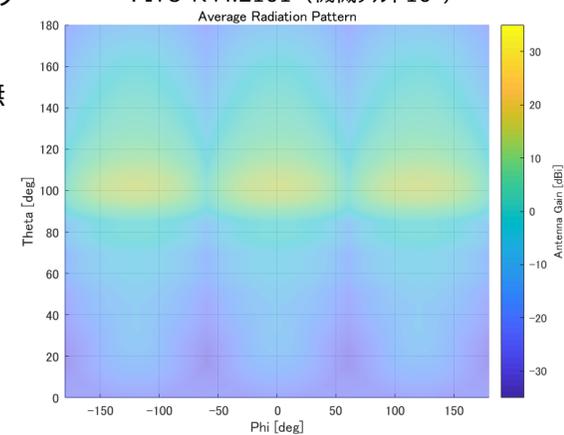
セル半径 (ITU-R M.2292)
 ・マクロセル(都市部) : 0.4km
 ・マクロセル(郊外部) : 0.8km
 ・マクロセル(開放地) : 4km



サイト間距離
 ・マクロセル(都市部) : $0.4\text{km} \times 1.5 = 0.6\text{km}$
 ・マクロセル(郊外部) : $0.8\text{km} \times 1.5 = 1.2\text{km}$
 ・マクロセル(開放地) : $4\text{km} \times 1.5 = 6\text{km}$

(*2) ビームフォーミングを行うことより平均パターンを利用。なお水平方向は保守的に無指向として計算

(参考) 5Gスモールセルアンテナパターン(平均)
 : ITU-R M.2101 (機械チルト10°)



干渉検討における電波伝搬モデル・合成干渉量計算

■ 干渉検討における電波伝搬モデル

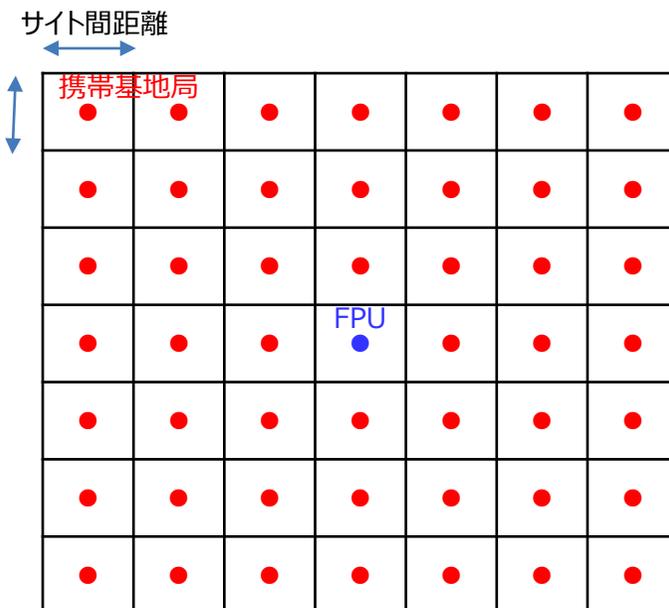
- フィールドにおける電波伝搬測定及び電波伝搬モデル評価結果を踏まえ構築した研究開発モデル（次頁以降「【参考】電波伝搬モデルの選定」を参照）を選定
- 共用検討においては、フィールド電波伝搬測定結果における自由空間モデルと研究開発モデルの計算結果の平均差異を用い、電波伝搬減衰は自由空間減衰に下表の平均差異減衰量を加算することとする
- また、放送FPUに関する屋内利用の場合の建物透過減衰は、ITU-R P.2109（Prediction of building entry loss）よりMedian BEL(dB)：Thermally-efficientを使用

伝搬環境	電波伝搬モデル	備考
都市部	研究開発モデル	自由空間減衰に、都市部伝搬測定結果における自由空間モデルと研究開発モデルの平均差異18 dB(38.7 dBm – 20.7 dBm)を加算する
郊外部・開放地		自由空間減衰に、郊外部伝搬測定結果における自由空間モデルと研究開発モデルの平均差異12.6 dB(35.1 dBm – 22.5 dBm)を加算する

■ 干渉検討における合成干渉量計算

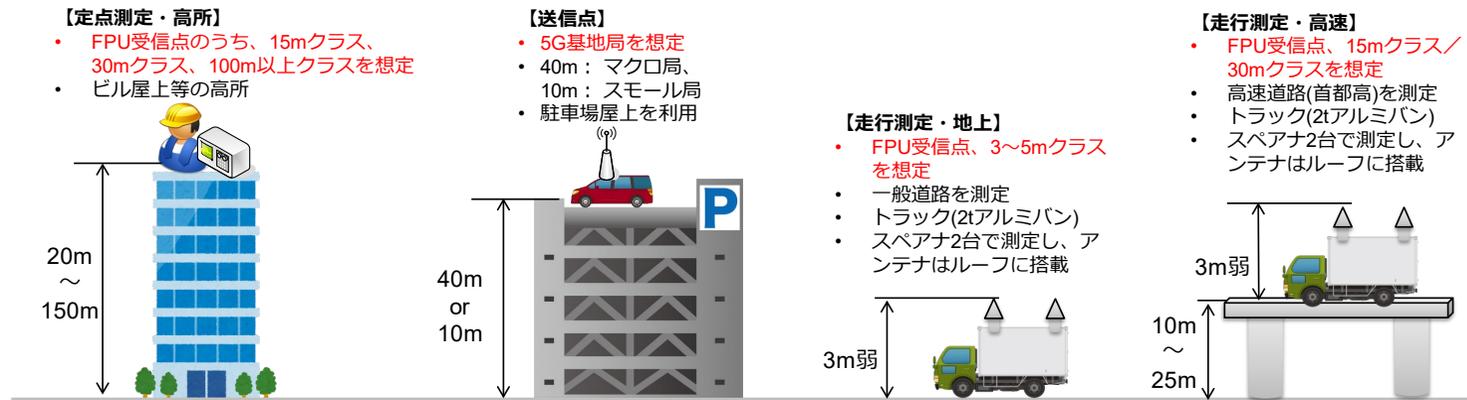
- 携帯基地局→放送FPUへの干渉計算における合成干渉量計算においては、基地局間サイト距離長メッシュ中心に携帯基地局（または放送FPU）をもつ地理平面的に敷き詰められたメッシュ配置を仮定し（保守的に極座標配置で計算）、計算領域内中心のFPUに対する携帯基地局からの合成干渉量に対するFPU許容干渉基準との比較により離隔距離を算出
- ダイナミック周波数共用の運用においては、FPU稼働地点・稼働時において、当該離隔距離内の携帯基地局を停波する運用となる。
- なお、計算領域（離隔距離）の上限としては、「平成23年度情報通信審議会情報通信技術分科会 携帯電話等高度化委員会 報告」において、FPU周波数移行前の同一帯域における携帯電話との共用条件として規定の電波見通し距離とする。

大気回折を考慮した（等価地球半径係数 $K=4/3$ の場合の）
 電波見通し距離[km]の近似式： $4.12((\sqrt{h1[m]})+(\sqrt{h2[m]}))$
 （ $h1, h2$ は携帯基地局と放送FPUの空中線高）



【参考】電波伝搬モデルの選定

- ダイナミック周波数共用における電波伝搬モデルの規定にあたり、対象周波数帯の電波伝搬特性の検証のため、種々の送信点・受信点高の組み合わせ及び離隔距離のもと、送信点におけるCW電波（無変調波：2.1GHz帯／EIRP：5W、アンテナ：オムニ）に対する各受信点における受信電力の測定を実施。
- 送信点・受信点の設定にあたっては、携帯電話基地局であれば10m（スモールセル基地局）／40m（マクロセル基地局）、放送FPU受信局高であればユースケースに応じて3～5m／15～30m／100m以上といったように、実際に利用される携帯電話基地局高及び放送FPU受信局高の組み合わせを考慮。



- 測定地点については、都心・郊外における高所・低所の4か所を設定。受信点については十分な測定サンプル数を計上するために走行測定：高速道路測定及び地上測定（送信点から一定範囲の主要道路、高速道路と並行した道路）を実施。
 - 【都市部】 高速道路測定は新木場～中台間（首都高深川線、池袋線）を、地上測定は高速走行と同一経路、高速道路より少し離れた経路、及び、送信点近傍での走行測定を実施。
 - 【郊外部】 高速道路走行は飯田橋～与野（首都高池袋、大宮新都心線）を、地上測定は高速走行と同一経路、高速道路より少し離れた経路、及び、送信点近傍での走行測定を実施。
- 測定受信点としての走行車には2tトラックを利用し、高さ2.95mの荷台天井にアンテナを設置し、スペクトラムアナライザ2台を用いて走行測定を実施。また、各測定環境でのノイズフロア測定も行い、有意データの識別を実施（50m走行区間単位において、各測定環境ノイズフロア+10dB以上の有効データサンプル数が50%以上の区間について集計）

【参考】電波伝搬モデルの選定

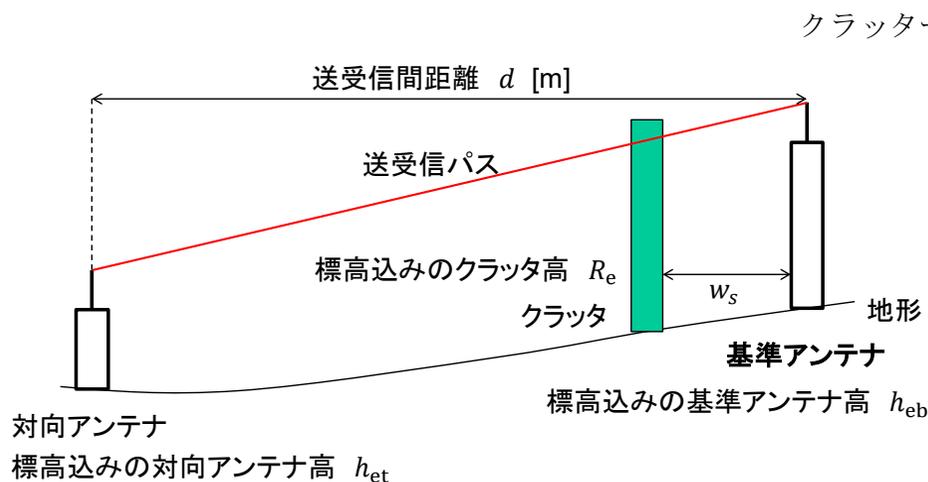
電波伝搬測定結果との対比をおこなう検証対象電波伝搬モデルとしては、自由空間モデル（FSPL）、拡張秦モデル（Ext.hata）、ITU-R P.452モデル（標高＋平均建物高を用いて計算）、及び、研究開発モデルを選定。

研究開発モデルについて

「異システム間の周波数共用技術の高度化に関する研究開発」で構築したモデルであり、自由空間モデルに対して、送受信点近傍の遮蔽標高地物がある場合にはITU-R P.2108をベースにクラッター損失を計上する。情報通信審議会情報通信技術分科会 放送システム委員会報告（平成25年）においてFPUと他システムとの共用検討で用いられた自由空間減衰に遮蔽物損失を計上するモデルと考え方は類するモデルであるが、サイトスペシフィックに送受信点近傍の遮蔽標高地物を判定することを含め、以下の特徴をもつ。

- ITU-R P.2108（Prediction of clutter loss）のHeight gain terminal correction modelをベースに、送信点、受信点から最も影響の大きい構造物を選択してクラッターとして選定
- P.2108で考慮されていない標高を考慮しクラッター損失を計算
- 高層建築物は回折が建築物上部だけでなく側面で発生する場合を考慮して、クラッター高と基準アンテナ高の差が50m以上にならないよう補正処理を実施
- 過剰伝搬損を与えないため、送信クラッター損、受信クラッター損それぞれを計算後、小さい方のクラッター損失のみ考慮

本モデルにおけるITU-R P.2108をベースとしたクラッター損失の計算方法を以下に示す。（単位： f [GHz]、高さおよび距離：[m]）



クラッター損失 $A_{h_{eb}}$ [dB]

$$A_{h_{eb}} = J(v) - 6.03 \quad (h_{eb} < R'_e)$$

$$A_{h_{eb}} = 0 \quad (h_{eb} \geq R'_e)$$

$$J(v) = 6.9 + 20 \log(\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v - 0.1)$$

$$v = K_{nu} \sqrt{h'_{dif} \theta'_{clut}} \quad R'_e = R_e - \frac{(h_{et} - h_{eb})w_s}{d}$$

$$h'_{dif} = R'_e - h_{eb} \quad \theta'_{clut} = \tan^{-1}\left(\frac{h'_{dif}}{w_s}\right) \quad K_{nu} = 0.342\sqrt{f}$$

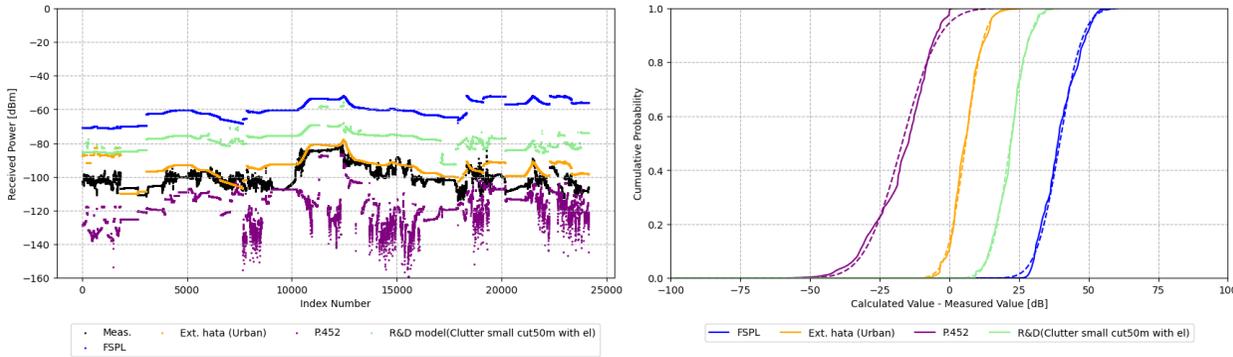
(h'_{dif} は一定値 (50m) で打ち切り補正処理)

【参考】電波伝搬モデルの選定

電波伝搬測定結果と電波伝搬モデルの対比結果を都市部・郊外部それぞれについて以下に示す。

- 【測定結果と電波伝搬モデル対比】
 - 左側グラフ：各測定受信点における各電波伝搬モデル計算結果と黒点で示される測定結果の対比（横軸：測定受信点サンプル番号／縦軸：受信電力[dBm]）
 - 右側グラフ：各電波伝搬モデル計算結果と測定結果との誤差の累積分布グラフ（横軸：電波伝搬モデル計算結果－測定結果[dB]／縦軸：累積確率）を示すとともに各破線は誤差の平均・標準偏差による正規分布の累積を掲示
- 【誤差平均・標準偏差と干渉マージン】 各電波伝搬モデル計算値－測定結果の平均 (μ)・標準偏差 (σ) とともに、 1σ ～ 3σ を実現するために必要な干渉マージン

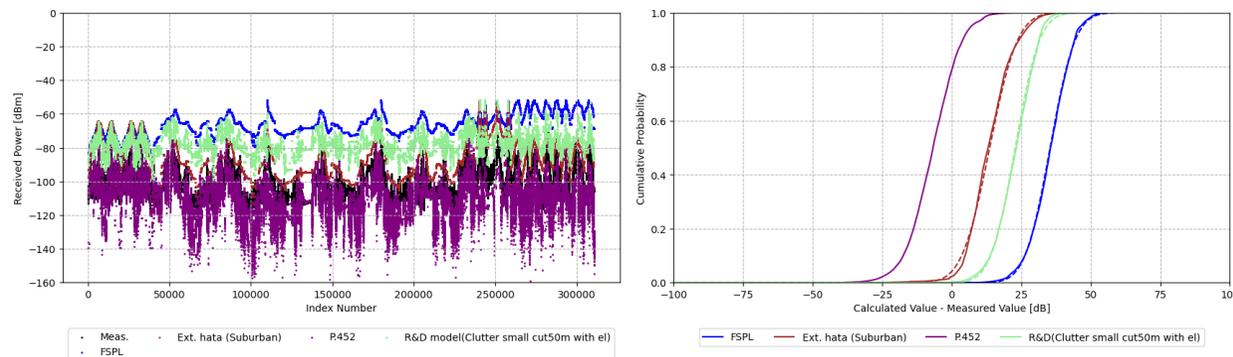
測定結果と電波伝搬モデル対比（都市部）



誤差平均・標準偏差と干渉マージン（都市部）

誤差	モデル	自由空間モデル FSPL	拡張秦モデル Ext.hata (Urban)	ITU-R P.452 モデル	研究開発モデル R&D
平均 (μ)		39.6	5.9	-16.9	21.9
標準偏差 (σ)		6.7	5.3	10.6	5.6
マージン (1σ)		-32.9	-0.6	27.5	-16.3
マージン (2σ)		-26.2	4.7	38.1	-10.8
マージン (3σ)		-19.6	10.1	48.7	-5.2

測定結果と電波伝搬モデル対比（郊外部）



誤差平均・標準偏差と干渉マージン（郊外部）

誤差	モデル	自由空間モデル FSPL	拡張秦モデル Ext.hata (SubUrban)	ITU-R P.452 モデル	研究開発モデル R&D
平均 (μ)		35.4	13.6	-7.8	22.8
標準偏差 (σ)		7.1	7.9	8.5	6.9
マージン (1σ)		-28.3	-5.8	16.2	-15.9
マージン (2σ)		-21.2	2.1	24.7	-9.0
マージン (3σ)		-14.1	10.0	33.2	-2.0

比較対象電波伝搬モデルとして、自由空間モデル、新世代モバイル通信システム委員会で過去の共用検討に用いられたITU-R P.452及び拡張秦モデルも検討した結果、自由空間モデルは安全ではあるが予測誤差が大きく周波数利用効率が大きく低下すること、P.452モデルおよび拡張秦モデルは、いずれも信号強度の予測値が実測値を下回る場合があることから*1、当該2.3GHz帯の電波伝搬測定結果よりFPU側の安全面を鑑みて評価した結果、研究開発モデルを選定した。

(*1) P.452についてはメッシュサイズの設定により送受信点から遮蔽標高地物への距離が遠方に設定されることにより離隔距離として保守的な値となる可能性はある。

共用計算結果(LTE): ①基地局→FPUへの干渉(同一帯域)

同一帯域2330-2370MHz

SIM No	FPUユースケース	FPU空中線地上高 [m]	携帯基地局展開種別: 空中線高 [m]	離隔距離 [km]
1-1	1 ＜都市部＞ 屋内企画 中継	15m	マクロセル(都市部): 40m	42km (*)
1-2			スモールセル(都市部): 10m	29km (*)
2-1	2 ＜都市部＞ 屋内スタジアム 中継	30m	マクロセル(都市部): 40m	49km (*)
2-2			スモールセル(都市部): 10m	36km (*)
3-1	3 ＜都市部＞ 屋外企画・ 報道中継	3m	マクロセル(都市部): 40m	33km (*)
3-2			スモールセル(都市部): 10m	20km (*)
4-1	4 ＜都市部＞ 屋外企画 中継	15m	マクロセル(都市部): 40m	42km (*)
4-2			スモールセル(都市部): 10m	29km (*)
5-1	5 ＜都市部＞ 屋外スタジアム 中継	30m	マクロセル(都市部): 40m	49km (*)
5-2			スモールセル(都市部): 10m	36km (*)
6-1	6 ＜都市部＞ ロードレース 中継	100m	マクロセル(都市部): 40m	67km (*)
6-2			スモールセル(都市部): 10m	54km (*)
7-1	7 ＜都市部＞ ロードレース 中継	400m	マクロセル(都市部): 40m	109km (*)
7-2			スモールセル(都市部): 10m	95km (*)

(*) H23年「情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等高度化委員会 報告 700MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件」(参考資料3-5)
放送FPU・携帯電話間の合意事項: “電波見通し距離”と同値

SIM No	FPUユースケース	FPU空中線地上高 [m]	携帯基地局展開種別: 空中線高 [m]	離隔距離 [km]
8-1	8 ＜郊外部＞ 屋外企画・ 報道中継	3m	マクロセル(郊外部): 40m	33km (*)
8-2			スモールセル(郊外部): 10m	20km (*)
9-1	9 ＜郊外部＞ 屋外スタジアム・ ゴルフ 中継	30m	マクロセル(郊外部): 40m	49km (*)
9-2			スモールセル(郊外部): 10m	36km (*)
10-1	10 ＜郊外部＞ ロードレース 中継	100m	マクロセル(郊外部): 40m	67km (*)
10-2			スモールセル(郊外部): 10m	54km (*)
11-1	11 ＜開放地＞ ロードレース 中継	50m	マクロセル(開放地): 40m	55km (*)
11-2			スモールセル(開放地): 10m	42km (*)
12-1	12 ＜開放地＞ ロードレース 中継	1000m	マクロセル(開放地): 40m	156km (*)
12-2			スモールセル(開放地): 10m	143km (*)

実際の環境においては、上記の検討結果と異なり、地球半径を考慮した見通し距離が存在しており、700MHz帯の周波数においても、この見通し距離を電波到達の限界と考えることが可能であるため、この見通し距離により水平離隔距離の判定を行うこととした。

検討に用いる計算式については、大気回折を考慮した場合の電波見通し距離の近似値(等価地球半径係数 $K=4/3$ の場合)を使用した。

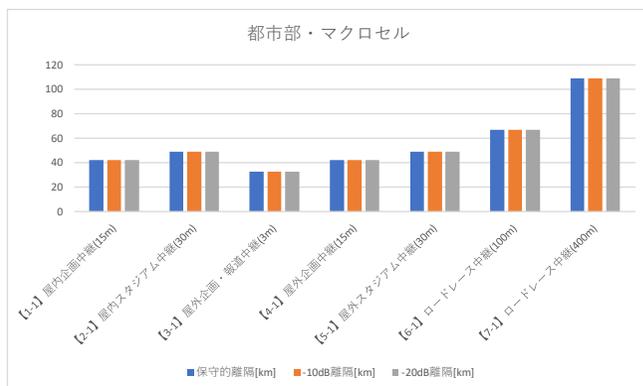
電波見通し距離 $d[\text{km}] = 4.12((\sqrt{h1[\text{m}]} + \sqrt{h2[\text{m}]})$ ※ $h1, h2$ は双方のアンテナ高

【参考】①基地局→FPUへの干渉(同一帯域) 感度分析

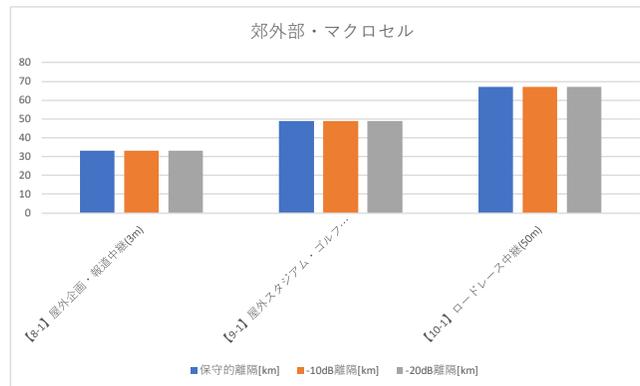
■ 感度分析結果

空中線指向減衰等の実機・設置条件の詳細反映、電波伝搬モデル・干渉マージンや参照保護基準の改善により、放送FPUと携帯電話基地局の一対一対向パスあたり-10dB/-20dB改善を想定した場合の、同一帯域保守的離隔との対比

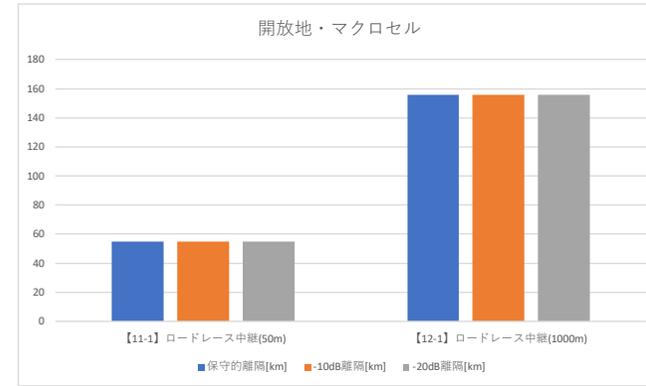
都市部



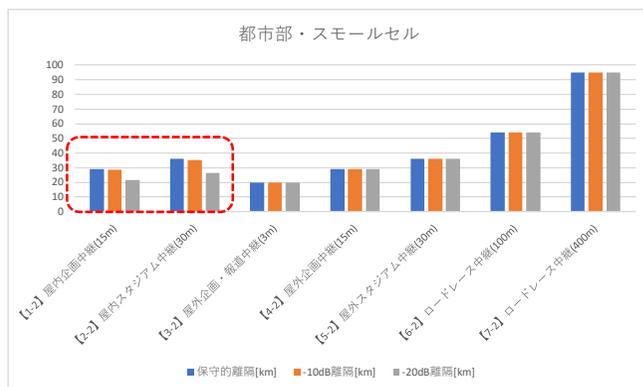
郊外部



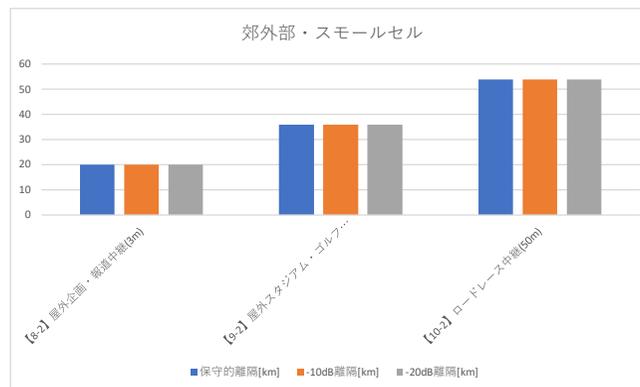
開放地



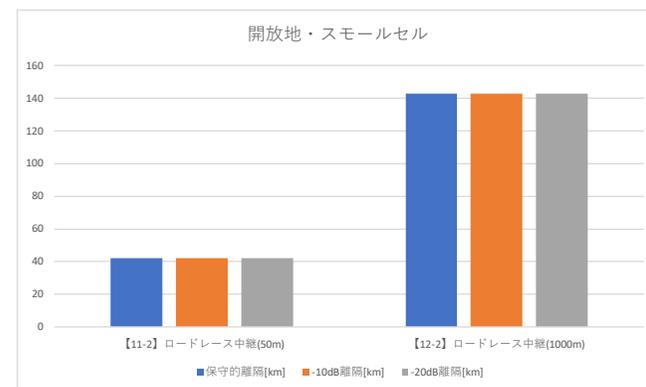
都市部・スモールセル



郊外部・スモールセル



開放地・スモールセル



- 都市部・スモールセルにおけるFPU屋内中継及び低空中線高屋外中継について改善は見られるものの、携帯基地局面的展開の保守的的前提のもとでは、マクロセル含むその他のケースにおいて有意な改善は見られない。
- 保守的離隔と-10dB/-20dB離隔に変化がないケースは、電波見通し内の停波が必要なケースであり、面的展開前提のもと、一対一対向パスあたり-10dB/-20dB程度の改善では、電波見通し内距離の停波が必要という結果は変わらないことを示している。

共用計算結果(LTE): ①FPU→基地局への干渉(同一帯域)

同一帯域2330-2370MHz

1対1対向 FPU→基地局への干渉

SIM No	FPUユー スペース	FPU送信局諸元	携帯基地局展開種別 :空中線高 [m]	離隔距離 [km]	SIM No	FPUユー スペース	FPU送信局諸元	携帯基地局展開種別 :空中線高 [m]	離隔距離 [km]
1-1	1 <都市部> 屋内企画 中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(都市部):40m	0.6km	8-1	8 <郊外部> 屋外企画・ 報道中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(郊外部):40m	28.2km
1-2			スモールセル(都市部):10m	0.4km	8-2			スモールセル(郊外部):10m	15.9km
2-1	2 <都市部> 屋内スタジ アム中継	(同上)	マクロセル(都市部):40m	0.6km	9-1	9 <郊外部> 屋外スタジ アム・ゴルフ 中継	(同上)	マクロセル(郊外部):40m	28.2km
2-2			スモールセル(都市部):10m	0.4km	9-2			スモールセル(郊外部):10m	15.9km
3-1	3 <都市部> 屋外企画・ 報道中継	(同上)	マクロセル(都市部):40m	17km	10-1	10 <郊外部> ロードレー ス 中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(郊外部):40m	33.2km
3-2			スモールセル(都市部):10m	9.6km	10-2			スモールセル(郊外部):10m	20.2km
4-1	4 <都市部> 屋外企画 中継	・出力:20W ・系統損失:2dB ・空中線利得:6dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(都市部):40m	33.2km	11-1	11 <開放地> ロードレー ス 中継	(同上)	マクロセル(開放地):40m	33.2km
4-2			スモールセル(都市部):10m	20.2km	11-2			スモールセル(開放地):10m	20.2km
5-1	5 <都市部> 屋外スタジ アム中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(都市部):40m	17km	12-1	12 <開放地> ロードレー ス 中継	(同上)	マクロセル(開放地):40m	33.2km
5-2			スモールセル(都市部):10m	9.6km	12-2			スモールセル(開放地):10m	20.2km
6-1	6 <都市部> ロードレー ス 中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(都市部):40m	33.2km					
6-2			スモールセル(都市部):10m	20.2km					
7-1	7 <都市部> ロードレー ス 中継	(同上)	マクロセル(都市部):40m	33.2km					
7-2			スモールセル(都市部):10m	20.2km					

共用計算結果(LTE)： ②基地局→FPUへの干渉(隣接帯域)

隣接帯域2300-2330/2370-2400MHz、同一帯域2330-2370MHz内隣接チャネル

SIM No	FPUユー スペース	FPU空中線 地上高 [m]	携帯基地局展開種別 : 空中線高 [m]	離隔距離 [km]	SIM No	FPUユー スペース	FPU空中線 地上高 [m]	携帯基地局展開種別 : 空中線高 [m]	離隔距離 [km]
1-1	1 <都市部> 屋内企画 中継	15m	マクロセル(都市部):40m	27.6km	8-1	8 <郊外部> 屋外企画・ 報道中継	3m	マクロセル(郊外部):40m	33km (*)
1-2			スモールセル(都市部):10m	0.6km	8-2			スモールセル(郊外部):10m	20km (*)
2-1	2 <都市部> 屋内スタジ アム中継	30m	マクロセル(都市部):40m	32.4km	9-1	9 <郊外部> 屋外スタジ アム・ゴルフ 中継	30m	マクロセル(郊外部):40m	49km (*)
2-2			スモールセル(都市部):10m	0.6km	9-2			スモールセル(郊外部):10m	36km (*)
3-1	3 <都市部> 屋外企画・ 報道中継	3m	マクロセル(都市部):40m	33km	10-1	10 <郊外部> ロードレー ス中継	100m	マクロセル(郊外部):40m	67km (*)
3-2			スモールセル(都市部):10m	20km (*)	10-2			スモールセル(郊外部):10m	54km (*)
4-1	4 <都市部> 屋外企画 中継	15m	マクロセル(都市部):40m	42km (*)	11-1	11 <開放地> ロードレー ス中継	50m	マクロセル(開放地):40m	55km (*)
4-2			スモールセル(都市部):10m	29km (*)	11-2			スモールセル(開放地):10m	42km (*)
5-1	5 <都市部> 屋外スタジ アム中継	30m	マクロセル(都市部):40m	49km (*)	12-1	12 <開放地> ロードレー ス中継	1000m	マクロセル(開放地):40m	156km (*)
5-2			スモールセル(都市部):10m	36km (*)	12-2			スモールセル(開放地):10m	142.8km
6-1	6 <都市部> ロードレー ス中継	100m	マクロセル(都市部):40m	67km (*)					
6-2			スモールセル(都市部):10m	54km (*)					
7-1	7 <都市部> ロードレー ス中継	400m	マクロセル(都市部):40m	109km (*)					
7-2			スモールセル(都市部):10m	94.8km					

(*) H23年「情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等高度化委員会 報告 700MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件」(参考資料3-5)
放送FPU・携帯電話間の合意事項: “電波見通し距離”と同値

実際の環境においては、上記の検討結果と異なり、地球半径を考慮した見通し距離が存在しており、700MHz帯の周波数においても、この見通し距離を電波到達の限界と考えることが可能であるため、この見通し距離により水平離隔距離の判定を行うこととした。

検討に用いる計算式については、大気回折を考慮した場合の電波見通し距離の近似値(等価地球半径係数 $K=4/3$ の場合)を使用した。

電波見通し距離 d [km] = $4.12 \cdot ((\sqrt{h1} [m]) + (\sqrt{h2} [m]))$ ※ $h1, h2$ は双方のアンテナ高

共用計算結果(LTE): ②FPU→基地局への干渉(隣接帯域)

隣接帯域2300-2330/2370-2400MHz、同一帯域2330-2370MHz内隣接チャンネル

1対1対向 FPU→基地局への干渉

SIM No	FPUユー スペース	FPU送信局諸元	携帯基地局展開種別 : 空中線高 [m]	離隔距離 [km]	SIM No	FPUユー スペース	FPU送信局諸元	携帯基地局展開種別 : 空中線高 [m]	離隔距離 [km]
1-1	1 <都市部> 屋外企画 中継	・出力: 0.5W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 4dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(都市部): 40m	0.1km	8-1	8 <郊外部> 屋外企画・ 報道中継	・出力: 0.5W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 4dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(郊外部): 40m	0.8km
1-2			スモールセル(都市部): 10m	0.1km	8-2			スモールセル(郊外部): 10m	0.5km
2-1	2 <都市部> 屋内スタジ アム中継	(同上)	マクロセル(都市部): 40m	0.1km	9-1	9 <郊外部> 屋外スタジ アム・ゴルフ 中継	(同上)	マクロセル(郊外部): 40m	0.8km
2-2			スモールセル(都市部): 10m	0.1km	9-2			スモールセル(郊外部): 10m	0.5km
3-1	3 <都市部> 屋外企画・ 報道中継	(同上)	マクロセル(都市部): 40m	0.5km	10-1	10 <郊外部> ロードレー ス中継	・出力: 40W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 8dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(郊外部): 40m	1.3km
3-2			スモールセル(都市部): 10m	0.3km	10-2			スモールセル(郊外部): 10m	0.8km
4-1	4 <都市部> 屋外企画 中継	・出力: 20W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 6dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(都市部): 40m	0.6km	11-1	11 <開放地> ロードレー ス中継	(同上)	マクロセル(開放地): 40m	1.3km
4-2			スモールセル(都市部): 10m	0.4km	11-2			スモールセル(開放地): 10m	0.8km
5-1	5 <都市部> 屋外スタジ アム中継	・出力: 0.5W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 4dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(都市部): 40m	0.5km	12-1	12 <開放地> ロードレー ス中継	(同上)	マクロセル(開放地): 40m	1.3km
5-2			スモールセル(都市部): 10m	0.3km	12-2			スモールセル(開放地): 10m	0.8km
6-1	6 <都市部> ロードレー ス中継	・出力: 40W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 8dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(都市部): 40m	0.8km					
6-2			スモールセル(都市部): 10m	0.5km					
7-1	7 <都市部> ロードレー ス中継	(同上)	マクロセル(都市部): 40m	0.8km					
7-2			スモールセル(都市部): 10m	0.5km					

共用計算結果(LTE): ③端末⇔FPUとの干渉(同一帯域)

同一帯域2330-2370MHz

1対1対向 端末→FPUへの干渉

SIM No	FPUユースケース	離隔距離[km]
1	<都市部>屋内企画中継	0.2km
2	<都市部>屋内スタジアム中継	0.2km
3	<都市部>屋外企画・報道中継	6.0km
4	<都市部>屋外企画中継	6.0km
5	<都市部>屋外スタジアム中継	6.0km
6	<都市部>ロードレース中継	6.0km
7	<都市部>ロードレース中継	6.0km

SIM No	FPUユースケース	離隔距離 [km]
8	<郊外部>屋外企画・報道中継	9.9km
9	<郊外部>屋外スタジアム・ゴルフ中継	9.9km
10	<郊外部>ロードレース中継	9.9km
11	<開放地>ロードレース中継	9.9km
12	<開放地>ロードレース中継	9.9km

1対1対向 FPU→端末への干渉

SIM No	FPUユースケース	FPU送信局諸元	離隔距離[km]
1	<都市部>屋内企画中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
2	<都市部>屋内スタジアム中継	(同上)	0.1km
3	<都市部>屋外企画・報道中継	(同上)	1.6km
4	<都市部>屋外企画中継	・出力:20W ・系統損失:2dB ・空中線利得:6dBi ・空中線地上高:3m	12.0km
5	<都市部>屋外スタジアム中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	1.6km
6	<都市部>ロードレース中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	12.2km
7	<都市部>ロードレース中継	(同上)	12.2km

SIM No	FPUユースケース	FPU送信局諸元	離隔距離 [km]
8	<郊外部>屋外企画・報道中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	2.6km
9	<郊外部>屋外スタジアム・ゴルフ中継	(同上)	2.6km
10	<郊外部>ロードレース中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	12.2km
11	<開放地>ロードレース中継	(同上)	12.2km
12	<開放地>ロードレース中継	(同上)	12.2km

共用計算結果(LTE): ④端末⇔FPUとの干渉(隣接帯域)

隣接帯域2300-2330/2370-2400MHz、同一帯域2330-2370MHz内隣接チャネル

1対1対向 端末→FPUへの干渉

SIM No	FPUユースケース	離隔距離[km]
1	<都市部>屋内企画中継	0.1km
2	<都市部>屋内スタジアム中継	0.1km
3	<都市部>屋外企画・報道中継	0.2km
4	<都市部>屋外企画中継	0.2km
5	<都市部>屋外スタジアム中継	0.2km
6	<都市部>ロードレース中継	0.1km
7	<都市部>ロードレース中継	0.1km

SIM No	FPUユースケース	離隔距離 [km]
8	<郊外部>屋外企画・報道中継	0.3km
9	<郊外部>屋外スタジアム・ゴルフ中継	0.3km
10	<郊外部>ロードレース中継	0.3km
11	<開放地>ロードレース中継	0.3km
12	<開放地>ロードレース中継	0.1km

1対1対向 FPU→端末への干渉

SIM No	FPUユースケース	FPU送信局諸元	離隔距離[km]
1	<都市部>屋内企画中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
2	<都市部>屋内スタジアム中継	(同上)	0.1km
3	<都市部>屋外企画・報道中継	(同上)	0.1km
4	<都市部>屋外企画中継	・出力:20W ・系統損失:2dB ・空中線利得:6dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
5	<都市部>屋外スタジアム中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
6	<都市部>ロードレース中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
7	<都市部>ロードレース中継	(同上)	0.1km

SIM No	FPUユースケース	FPU送信局諸元	離隔距離 [km]
8	<郊外部>屋外企画・報道中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
9	<郊外部>屋外スタジアム・ゴルフ中継	(同上)	0.1km
10	<郊外部>ロードレース中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	0.2km
11	<開放地>ロードレース中継	(同上)	0.2km
12	<開放地>ロードレース中継	(同上)	0.2km

共用計算結果(NR): ⑤基地局→FPUへの干渉(同一帯域)

同一帯域2330-2370MHz

SIM No	FPUユースケース	FPU空中線地上高 [m]	携帯基地局展開種別: 空中線高 [m]	離隔距離 [km]
1-1	1 ＜都市部＞ 屋内企画 中継	15m	マクロセル(都市部): 40m	42km (*)
1-2			スモールセル(都市部): 10m	26.4km
2-1	2 ＜都市部＞ 屋内スタジアム 中継	30m	マクロセル(都市部): 40m	49km (*)
2-2			スモールセル(都市部): 10m	32.4km
3-1	3 ＜都市部＞ 屋外企画・ 報道中継	3m	マクロセル(都市部): 40m	33km (*)
3-2			スモールセル(都市部): 10m	20km (*)
4-1	4 ＜都市部＞ 屋外企画 中継	15m	マクロセル(都市部): 40m	42km (*)
4-2			スモールセル(都市部): 10m	29km (*)
5-1	5 ＜都市部＞ 屋外スタジアム 中継	30m	マクロセル(都市部): 40m	49km (*)
5-2			スモールセル(都市部): 10m	36km (*)
6-1	6 ＜都市部＞ ロードレース 中継	100m	マクロセル(都市部): 40m	67km (*)
6-2			スモールセル(都市部): 10m	54km (*)
7-1	7 ＜都市部＞ ロードレース 中継	400m	マクロセル(都市部): 40m	109km (*)
7-2			スモールセル(都市部): 10m	95km (*)

(*) H23年「情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等高度化委員会 報告 700MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件」(参考資料3-5)
放送FPU・携帯電話間の合意事項: “電波見通し距離”と同値

SIM No	FPUユースケース	FPU空中線地上高 [m]	携帯基地局展開種別: 空中線高 [m]	離隔距離 [km]
8-1	8 ＜郊外部＞ 屋外企画・ 報道中継	3m	マクロセル(郊外部): 40m	33km (*)
8-2			スモールセル(郊外部): 10m	20km (*)
9-1	9 ＜郊外部＞ 屋外スタジアム・ ゴルフ 中継	30m	マクロセル(郊外部): 40m	49km (*)
9-2			スモールセル(郊外部): 10m	36km (*)
10-1	10 ＜郊外部＞ ロードレース 中継	100m	マクロセル(郊外部): 40m	67km (*)
10-2			スモールセル(郊外部): 10m	54km (*)
11-1	11 ＜開放地＞ ロードレース 中継	50m	マクロセル(開放地): 40m	55km (*)
11-2			スモールセル(開放地): 10m	42km (*)
12-1	12 ＜開放地＞ ロードレース 中継	1000m	マクロセル(開放地): 40m	156km (*)
12-2			スモールセル(開放地): 10m	143km (*)

実際の環境においては、上記の検討結果と異なり、地球半径を考慮した見通し距離が存在しており、700MHz帯の周波数においても、この見通し距離を電波到達の限界と考えることが可能であるため、この見通し距離により水平離隔距離の判定を行うこととした。

検討に用いる計算式については、大気回折を考慮した場合の電波見通し距離の近似値(等価地球半径係数 $K=4/3$ の場合)を使用した。

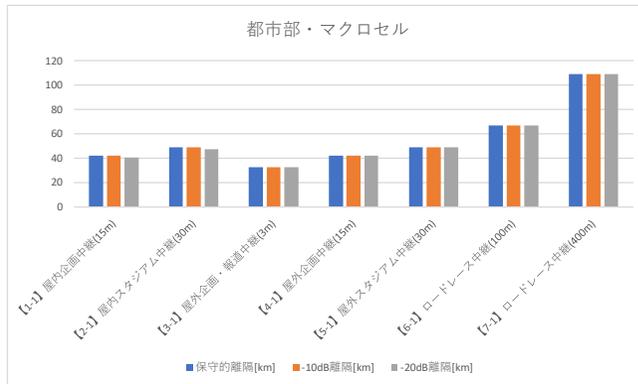
電波見通し距離 $d[\text{km}] = 4.12((\sqrt{h1}[\text{m}]) + (\sqrt{h2}[\text{m}]))$ ※ $h1, h2$ は双方のアンテナ高

【参考】⑤基地局→FPUへの干渉(同一帯域) 感度分析

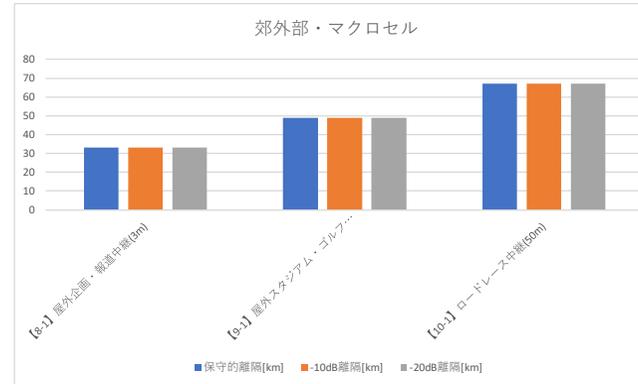
■ 感度分析結果

実機・設置条件の詳細反映、電波伝搬モデル・干渉マージンや参照保護基準の改善により、放送FPUと携帯電話基地局の一対一対向パスあたり-10dB/-20dB改善を想定した場合の、同一帯域保守的離隔との対比

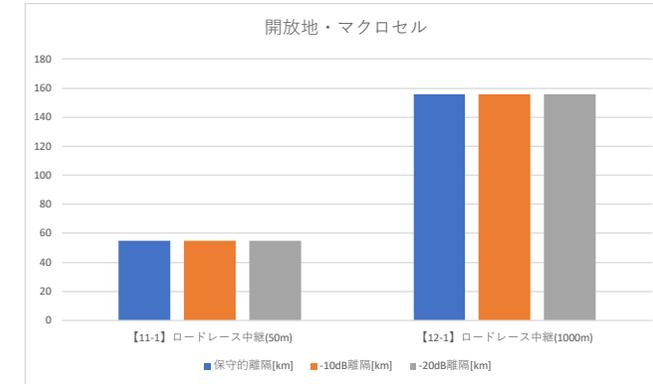
都市部



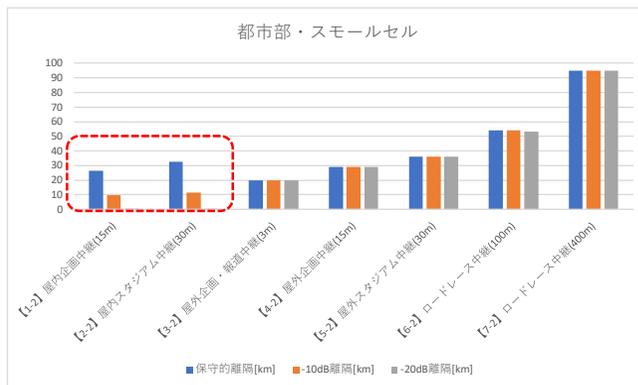
郊外部



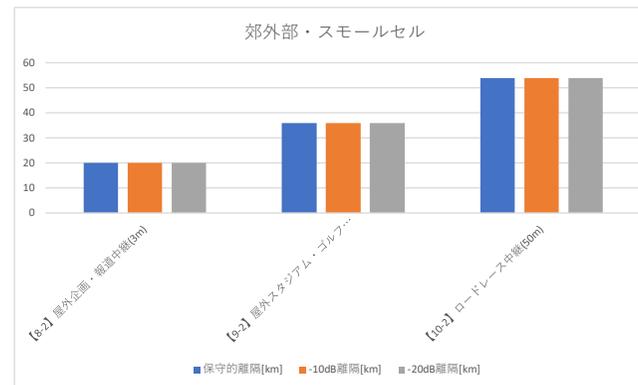
開放地



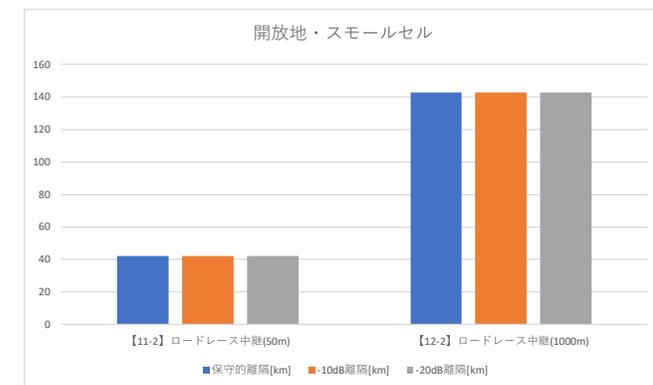
都市部・スモールセル



郊外部・スモールセル



開放地・スモールセル



- 都市部・スモールセルにおけるFPU屋内中継及び低空中線高屋外中継について改善は見られるものの、携帯基地局面的展開の保守的的前提のもとでは、マクロセル含むその他のケースにおいて有意な改善は見られない。
- 保守的離隔と-10dB/-20dB離隔に変化がないケースは、電波見通し内の停波が必要なケースであり、面的展開前提のもと、一対一対向パスあたり-10dB/-20dB程度の改善では、電波見通し内距離の停波が必要という結果は変わらないことを示している。

共用計算結果(NR): ⑤FPU→基地局への干渉(同一帯域)

同一帯域2330-2370MHz

1対1対向 FPU→基地局への干渉

SIM No	FPUユー スペース	FPU送信局諸元	携帯基地局展開種別 : 空中線高 [m]	離隔距離 [km]	SIM No	FPUユー スペース	FPU送信局諸元	携帯基地局展開種別 : 空中線高 [m]	離隔距離 [km]
1-1	1 <都市部> 屋内企画 中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(都市部):40m	0.4km	8-1	8 <郊外部> 屋外企画・ 報道中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(郊外部):40m	19.3km
1-2			スモールセル(都市部):10m	0.2km	8-2			スモールセル(郊外部):10m	9.6km
2-1	2 <都市部> 屋内スタジ アム中継	(同上)	マクロセル(都市部):40m	0.4km	9-1	9 <郊外部> 屋外スタジ アム・ゴルフ 中継	(同上)	マクロセル(郊外部):40m	19.3km
2-2			スモールセル(都市部):10m	0.2km	9-2			スモールセル(郊外部):10m	9.6km
3-1	3 <都市部> 屋外企画・ 報道中継	(同上)	マクロセル(都市部):40m	11.6km	10-1	10 <郊外部> ロードレー ス中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(郊外部):40m	33.2km
3-2			スモールセル(都市部):10m	5.8km	10-2			スモールセル(郊外部):10m	20.2km
4-1	4 <都市部> 屋外企画 中継	・出力:20W ・系統損失:2dB ・空中線利得:6dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(都市部):40m	33.2km	11-1	11 <開放地> ロードレー ス中継	(同上)	マクロセル(開放地):40m	33.2km
4-2			スモールセル(都市部):10m	20.2km	11-2			スモールセル(開放地):10m	20.2km
5-1	5 <都市部> 屋外スタジ アム中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(都市部):40m	11.6km	12-1	12 <開放地> ロードレー ス中継	(同上)	マクロセル(開放地):40m	33.2km
5-2			スモールセル(都市部):10m	5.8km	12-2			スモールセル(開放地):10m	20.2km
6-1	6 <都市部> ロードレー ス中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	マクロセル(都市部):40m	33.2km					
6-2			スモールセル(都市部):10m	20.1km					
7-1	7 <都市部> ロードレー ス中継	(同上)	マクロセル(都市部):40m	33.2km					
7-2			スモールセル(都市部):10m	20.2km					

共用計算結果(NR): ⑥基地局→FPUへの干渉(隣接帯域)

隣接帯域2300-2330/2370-2400MHz、同一帯域2330-2370MHz内隣接チャンネル

SIM No	FPUユー スペース	FPU空中線 地上高 [m]	携帯基地局展開種別 : 空中線高 [m]	離隔距離 [km]
1-1	1 <都市部> 屋内企画 中継	15m	マクロセル(都市部): 40m	21.6km
1-2			スモールセル(都市部): 10m	0.6km
2-1	2 <都市部> 屋内スタジ アム中継	30m	マクロセル(都市部): 40m	25.2km
2-2			スモールセル(都市部): 10m	0.6km
3-1	3 <都市部> 屋外企画・ 報道中継	3m	マクロセル(都市部): 40m	33km
3-2			スモールセル(都市部): 10m	20km (*)
4-1	4 <都市部> 屋外企画 中継	15m	マクロセル(都市部): 40m	42km (*)
4-2			スモールセル(都市部): 10m	29km (*)
5-1	5 <都市部> 屋外スタジ アム中継	30m	マクロセル(都市部): 40m	49km (*)
5-2			スモールセル(都市部): 10m	36km (*)
6-1	6 <都市部> ロードレー ス中継	100m	マクロセル(都市部): 40m	67km (*)
6-2			スモールセル(都市部): 10m	53.4km (*)
7-1	7 <都市部> ロードレー ス中継	400m	マクロセル(都市部): 40m	109km (*)
7-2			スモールセル(都市部): 10m	94.2km

(*) H23年「情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等高度化委員会 報告 700MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件」(参考資料3-5)
放送FPU・携帯電話間の合意事項: “電波見通し距離”と同値

SIM No	FPUユー スペース	FPU空中線 地上高 [m]	携帯基地局展開種別 : 空中線高 [m]	離隔距離 [km]
8-1	8 <郊外部> 屋外企画・ 報道中継	3m	マクロセル(郊外部): 40m	33km (*)
8-2			スモールセル(郊外部): 10m	20km (*)
9-1	9 <郊外部> 屋外スタジ アム・ゴルフ 中継	30m	マクロセル(郊外部): 40m	49km (*)
9-2			スモールセル(郊外部): 10m	36km (*)
10-1	10 <郊外部> ロードレー ス中継	100m	マクロセル(郊外部): 40m	67km (*)
10-2			スモールセル(郊外部): 10m	54km (*)
11-1	11 <開放地> ロードレー ス中継	50m	マクロセル(開放地): 40m	55km (*)
11-2			スモールセル(開放地): 10m	42km (*)
12-1	12 <開放地> ロードレー ス中継	1000m	マクロセル(開放地): 40m	156km (*)
12-2			スモールセル(開放地): 10m	141.6km

実際の環境においては、上記の検討結果と異なり、地球半径を考慮した見通し距離が存在しており、700MHz帯の周波数においても、この見通し距離を電波到達の限界と考えることが可能であるため、この見通し距離により水平離隔距離の判定を行うこととした。

検討に用いる計算式については、大気回折を考慮した場合の電波見通し距離の近似値(等価地球半径係数 $K=4/3$ の場合)を使用した。

電波見通し距離 d [km] = $4.12 \cdot ((\sqrt{h1} [m]} + \sqrt{h2} [m]))$ ※ $h1, h2$ は双方のアンテナ高

共用計算結果(NR): ⑥FPU→基地局への干渉(隣接帯域)

隣接帯域2300-2330/2370-2400MHz、同一帯域2330-2370MHz内隣接チャンネル

1対1対向 FPU→基地局への干渉

SIM No	FPUユー スペース	FPU送信局諸元	携帯基地局展開種別 : 空中線高 [m]	離隔距離 [km]	SIM No	FPUユー スペース	FPU送信局諸元	携帯基地局展開種別 : 空中線高 [m]	離隔距離 [km]
1-1	1 <都市部> 屋外企画 中継	・出力: 0.5W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 4dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(都市部): 40m	0.1km	8-1	8 <郊外部> 屋外企画・ 報道中継	・出力: 0.5W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 4dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(郊外部): 40m	0.6km
1-2			スモールセル(都市部): 10m	0.1km	8-2			スモールセル(郊外部): 10m	0.3km
2-1	2 <都市部> 屋内スタジ アム中継	(同上)	マクロセル(都市部): 40m	0.1km	9-1	9 <郊外部> 屋外スタジ アム・ゴルフ 中継	(同上)	マクロセル(郊外部): 40m	0.6km
2-2			スモールセル(都市部): 10m	0.1km	9-2			スモールセル(郊外部): 10m	0.3km
3-1	3 <都市部> 屋外企画・ 報道中継	(同上)	マクロセル(都市部): 40m	0.4km	10-1	10 <郊外部> ロードレー ス中継	・出力: 40W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 8dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(郊外部): 40m	0.9km
3-2			スモールセル(都市部): 10m	0.2km	10-2			スモールセル(郊外部): 10m	0.5km
4-1	4 <都市部> 屋外企画 中継	・出力: 20W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 6dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(都市部): 40m	0.5km	11-1	11 <開放地> ロードレー ス中継	(同上)	マクロセル(開放地): 40m	0.9km
4-2			スモールセル(都市部): 10m	0.3km	11-2			スモールセル(開放地): 10m	0.5km
5-1	5 <都市部> 屋外スタジ アム中継	・出力: 0.5W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 4dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(都市部): 40m	0.4km	12-1	12 <開放地> ロードレー ス中継	(同上)	マクロセル(開放地): 40m	0.9km
5-2			スモールセル(都市部): 10m	0.2km	12-2			スモールセル(開放地): 10m	0.5km
6-1	6 <都市部> ロードレー ス中継	・出力: 40W ・系統損失: 2dB ・空中線利得: 8dBi ・空中線地上高: 3m	マクロセル(都市部): 40m	0.6km					
6-2			スモールセル(都市部): 10m	0.3km					
7-1	7 <都市部> ロードレー ス中継	(同上)	マクロセル(都市部): 40m	0.6km					
7-2			スモールセル(都市部): 10m	0.3km					

共用計算結果(NR): ⑦端末⇔FPUとの干渉(同一帯域)

同一帯域2330-2370MHz

1対1対向 端末→FPUへの干渉

SIM No	FPUユースケース	離隔距離[km]
1	<都市部>屋内企画中継	0.2km
2	<都市部>屋内スタジアム中継	0.2km
3	<都市部>屋外企画・報道中継	6.0km
4	<都市部>屋外企画中継	6.0km
5	<都市部>屋外スタジアム中継	6.0km
6	<都市部>ロードレース中継	6.0km
7	<都市部>ロードレース中継	6.0km

SIM No	FPUユースケース	離隔距離 [km]
8	<郊外部>屋外企画・報道中継	9.9km
9	<郊外部>屋外スタジアム・ゴルフ中継	9.9km
10	<郊外部>ロードレース中継	9.9km
11	<開放地>ロードレース中継	9.9km
12	<開放地>ロードレース中継	9.9km

1対1対向 FPU→端末への干渉

SIM No	FPUユースケース	FPU送信局諸元	離隔距離[km]
1	<都市部>屋内企画中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
2	<都市部>屋内スタジアム中継	(同上)	0.1km
3	<都市部>屋外企画・報道中継	(同上)	1.6km
4	<都市部>屋外企画中継	・出力:20W ・系統損失:2dB ・空中線利得:6dBi ・空中線地上高:3m	12.0km
5	<都市部>屋外スタジアム中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	1.6km
6	<都市部>ロードレース中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	12.2km
7	<都市部>ロードレース中継	(同上)	12.2km

SIM No	FPUユースケース	FPU送信局諸元	離隔距離 [km]
8	<郊外部>屋外企画・報道中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	2.6km
9	<郊外部>屋外スタジアム・ゴルフ中継	(同上)	2.6km
10	<郊外部>ロードレース中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	12.2km
11	<開放地>ロードレース中継	(同上)	12.2km
12	<開放地>ロードレース中継	(同上)	12.2km

共用計算結果(NR): ⑧端末⇔FPUとの干渉(隣接帯域)

隣接帯域2300-2330/2370-2400MHz、同一帯域2330-2370MHz内隣接チャネル

1対1対向 端末→FPUへの干渉

SIM No	FPUユースケース	離隔距離[km]
1	<都市部>屋内企画中継	0.1km
2	<都市部>屋内スタジアム中継	0.1km
3	<都市部>屋外企画・報道中継	0.2km
4	<都市部>屋外企画中継	0.2km
5	<都市部>屋外スタジアム中継	0.2km
6	<都市部>ロードレース中継	0.1km
7	<都市部>ロードレース中継	0.1km

SIM No	FPUユースケース	離隔距離 [km]
8	<郊外部>屋外企画・報道中継	0.3km
9	<郊外部>屋外スタジアム・ゴルフ中継	0.3km
10	<郊外部>ロードレース中継	0.3km
11	<開放地>ロードレース中継	0.3km
12	<開放地>ロードレース中継	0.1km

1対1対向 FPU→端末への干渉

SIM No	FPUユースケース	FPU送信局諸元	離隔距離[km]
1	<都市部>屋内企画中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
2	<都市部>屋内スタジアム中継	(同上)	0.1km
3	<都市部>屋外企画・報道中継	(同上)	0.1km
4	<都市部>屋外企画中継	・出力:20W ・系統損失:2dB ・空中線利得:6dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
5	<都市部>屋外スタジアム中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
6	<都市部>ロードレース中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
7	<都市部>ロードレース中継	(同上)	0.1km

SIM No	FPUユースケース	FPU送信局諸元	離隔距離 [km]
8	<郊外部>屋外企画・報道中継	・出力:0.5W ・系統損失:2dB ・空中線利得:4dBi ・空中線地上高:3m	0.1km
9	<郊外部>屋外スタジアム・ゴルフ中継	(同上)	0.1km
10	<郊外部>ロードレース中継	・出力:40W ・系統損失:2dB ・空中線利得:8dBi ・空中線地上高:3m	0.2km
11	<開放地>ロードレース中継	(同上)	0.2km
12	<開放地>ロードレース中継	(同上)	0.2km

静的共用検討まとめ

■ 同一帯域における共用検討結果

基地局⇔FPUの場合

- ✓ 移動通信システムがLTE方式、NR方式のどちらの場合であっても、FPUが被干渉となる場合の離隔距離が支配的な結果となった。
- ✓ 移動通信システムの方式によらず、FPUに対して携帯電話基地局が干渉を与えることなく運用するためには、マクロセル基地局の場合は最低30km以上の離隔、スモールセル基地局の場合は最低20km以上の離隔が必要となる。

端末⇔FPUの場合

- ✓ 移動通信システムがLTE方式、NR方式のどちらの場合であっても、離隔距離は変わらない結果となった。
- ✓ 携帯電話端末が被干渉となる場合の離隔距離が支配的となるか、FPUが被干渉となる場合の離隔距離が支配的となるかはFPUユースケースによって異なるが、最低で13km以上の離隔があれば、いかなる種別のFPUユースケースにおいても共用が可能。
- ✓ 基地局とFPUが共用するための離隔距離（マクロセル基地局だと最低30km、スモールセル基地局だと最低20km）を確保できれば、端末とFPUが共用するための離隔距離も満足できると考えられる。

■ 隣接帯域における共用検討結果

基地局⇔FPUの場合

- ✓ 移動通信システムがLTE方式、NR方式のどちらの場合であっても、FPUが被干渉となる場合の離隔距離が支配的な結果となった。
- ✓ 移動通信システムの方式によらず、FPUユースケースが都市部における屋内利用の場合は、スモールセル基地局であれば最低1km以上の離隔があれば共用が可能であるが、マクロセル基地局であれば最低21km以上の離隔が必要。
- ✓ また、FPUユースケースが都市部、郊外部、開放地における屋外利用の場合、マクロセル基地局の場合は最低22km以上の離隔、スモールセル基地局であれば最低20km以上の離隔が必要となる。

端末⇔FPUの場合

- ✓ 移動通信システムがLTE方式、NR方式のどちらの場合であっても、離隔距離は変わらない結果となった。
- ✓ 携帯電話端末が被干渉となる場合の離隔距離が支配的となるか、FPUが被干渉となる場合の離隔距離が支配的となるかはFPUユースケースによって異なるが、最低300m以上の離隔があれば、いかなる種別のFPUユースケースにおいても共用が可能。
- ✓ 基地局とFPUが共用するための離隔距離（FPUユースケースが屋外利用の場合を想定し、マクロセル基地局だと最低22km、スモールセル基地局だと最低20km）を確保できれば、端末とFPUが共用するための離隔距離も満足できると考えられる。

FPU運用実績を踏まえたダイナミック周波数共用評価

FPU運用実績を踏まえたダイナミック周波数共用の評価にあたり、FPU運用実績（2018年11月1日～2019年10月31日の1年間）に関して、イベント種別年間内訳、及び、政令指定都市を擁する都道府県における、期間1年分に対する時間帯別FPU利用日数割合について集計を実施。

※集計に当たっては各時間内に一部でも運用が行われていれば当該時間内で運用実績があったものとしてカウント。

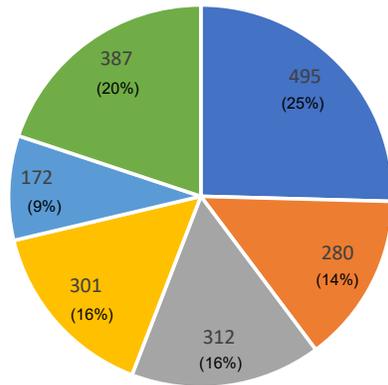
都道府県別・時間帯別 FPU利用日数割合

※イベント開催頻度について月別には顕著な傾向はない

都道府県	0-	1-	2-	3-	4-	5-	6-	7-	8-	9-	10-	11-	12-	13-	14-	15-	16-	17-	18-	19-	20-	21-	22-	23-
北海道	1.1	1.1	1.1	1.1	1.6	1.6	1.9	3.0	8.5	11.8	15.1	15.6	16.4	17.3	17.3	17.0	17.3	17.0	10.7	5.2	2.7	2.7	2.7	1.1
宮城県	0.8	0.8	0.8	0.8	1.1	1.1	1.4	7.7	9.0	11.0	12.9	13.7	14.5	15.1	14.5	13.7	12.6	12.6	9.6	7.4	3.6	3.0	3.0	2.2
埼玉県	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.8	3.6	6.6	10.4	11.5	12.1	12.1	12.6	12.6	12.6	12.6	12.3	8.5	6.3	6.0	3.3	3.0	0.3
千葉県	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	4.4	4.4	4.4	6.0	11.5	11.5	11.5	11.2	11.2	11.5	11.5	11.5	10.7	7.1	2.7	2.7	1.9	1.9	1.9
東京都	11.0	11.0	11.0	13.2	13.2	16.7	17.8	26.8	48.2	55.6	59.5	60.3	60.8	61.1	61.1	61.4	61.1	58.1	41.4	30.7	27.9	25.8	24.1	20.5
神奈川県	0.0	0.0	0.0	1.6	1.6	2.5	3.6	4.4	12.3	13.2	15.1	15.3	16.4	17.0	16.7	17.0	16.7	15.9	15.3	9.3	8.2	5.8	5.5	0.3
新潟県	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
静岡県	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.6	4.7	5.2	12.1	14.2	15.6	15.6	11.0	10.7	11.2	11.5	11.5	9.6	6.0	2.5	0.5	0.5	0.3	0.3
愛知県	0.8	0.8	0.8	0.8	1.4	4.9	6.8	11.8	18.9	20.0	26.3	26.3	31.0	32.6	32.9	32.6	32.6	31.8	20.3	13.7	6.3	4.9	3.6	2.2
京都府	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.9	5.8	7.1	7.7	7.9	8.5	9.6	9.6	9.3	7.9	6.6	2.2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
大阪府	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.8	6.3	13.2	17.5	20.3	24.1	24.7	25.2	27.1	27.9	27.9	27.7	24.4	20.3	14.0	11.2	9.0	8.5	5.2
兵庫県	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	13.4	14.8	18.9	23.6	23.6	24.9	25.5	26.6	26.6	26.8	26.8	26.8	26.8	23.3	15.6	15.6	10.1	4.4	4.1
岡山県	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.8	1.1	1.6	1.6	1.9	1.9	1.4	0.8	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
広島県	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.8	10.1	11.8	12.3	12.6	12.9	13.7	13.4	13.2	12.9	12.6	10.7	9.9	8.5	8.5	8.5	5.8
福岡県	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	4.4	11.0	17.5	19.7	22.7	23.0	23.6	25.2	25.8	25.8	24.9	23.6	16.2	13.7	10.7	8.8	8.8	4.7
熊本県	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	2.5	2.5	4.1	4.1	4.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.7	4.7	4.7	4.4	2.5	2.5	1.4	1.4	1.4	1.4

(単位：%)

ユースケース別 年間イベント数 (総数 1947件)



(単位：件)

- ロードレース中継
- ゴルフ中継
- 屋外スタジアム中継
- 屋外企画中継
- 屋内スタジアム中継
- 屋内企画中継

- FPU利用日数割合は、都心部を中心に特に8時から18時の昼間時間帯は高いが、夜間は相対的に顕著に低く、携帯電話との夜間における時間的共用の可能性が想定される。
- またFPUイベントにおいて相対的には短い離隔距離が想定される屋内企画中継等はイベント全体の20%程度を占めており、これからのイベントについては同一時間帯における（広範囲の携帯基地局停波を要さない）地理的共用の可能性も想定される。

FPU運用実績を踏まえたダイナミック周波数共用評価

携帯基地局常設利用の利用可能性評価について：

共用計算より、マクロセル基地局の場合、いかなる種別のFPUユースケースに対しても携帯電話基地局が干渉を与えることなく運用するためには概ね30km以上の離隔、また、スモールセル基地局の場合にも概ね20km以上の離隔が必要であり、政令指定都市を擁する都道府県における時間帯別の携帯電話利用不可日数を、時間帯別FPU利用日数割合として保守的に評価した。

■ 携帯基地局 常設利用（屋外・昼間）

政令指定都市を擁する都道府県における時間帯別FPU利用日数割合より、

- ✓ 多くの都道府県にて昼間の運用率は10%を越えており、愛知、大阪、兵庫、福岡では25%以上、特に東京は60%程度の運用率であり、年間140日程度の時間的共用可能日数に相当する。
- ✓ 一方で、新潟、京都、岡山、熊本では10%以下の運用率であり、年間320日以上での時間的共用可能日数に相当する。

■ 携帯基地局 常設利用（屋外・夜間）

政令指定都市を擁する都道府県における時間帯別FPU利用日数割合より、

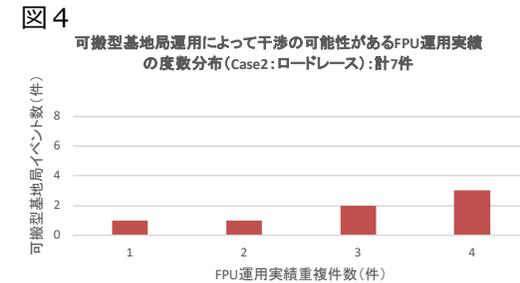
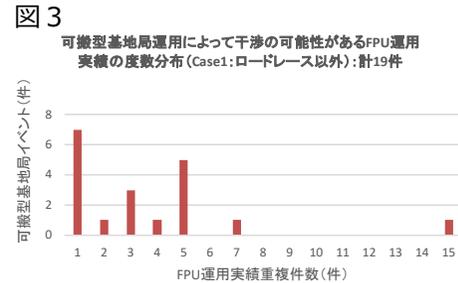
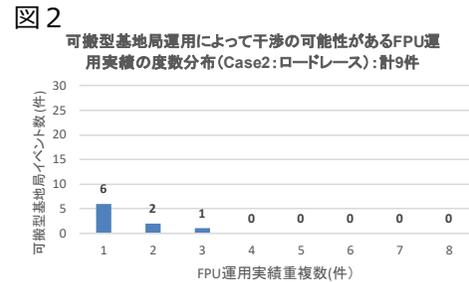
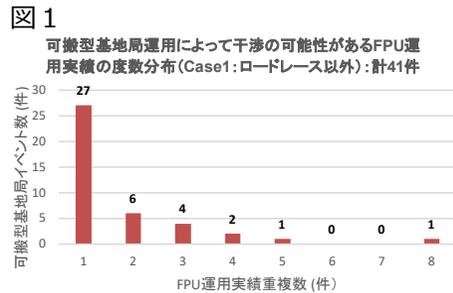
- ✓ 東京については夜間時間帯においても10%以上の運用実績であるが、多くの都道府県においては20時以降10%以下の運用実績である。
- ✓ 首都圏ベッドタウン地域が多い神奈川・千葉・埼玉における19時以降運用日数割合は10%以下であるが、保守的に東京・神奈川・千葉・埼玉を合算で考慮すると夜間時間帯の運用日数割合は時間帯により15～40%であり、年間220～310日の時間的共用可能日数に相当する。

共用検討よりFPUからの離隔は30km程度以上の電波見通し距離が必要であるが、FPUは移動業務の無線システムであり、運用頻度や傾向を考慮した場合、ダイナミック周波数共用システムを構築し、FPUの運用時には携帯システムの停波を行うことで、共用可能と考えられる。

FPU運用実績を踏まえたダイナミック周波数共用評価

携帯基地局臨時利用の利用可能性評価について：

携帯電話事業者は低トラフィックの郊外・開放地でのイベント等臨時利用（屋外）でのトラフィック吸収をダイナミック周波数共用のユースケースの1つと挙げている。本検証では、携帯電話事業者より提供の過去の可搬型携帯電話基地局を用いたイベント情報に対して、放送事業者より提供のFPU運用実績（2018年11月1日～2019年10月31日の1年間。ロードレース以外（以下、Case1）、及び、ロードレース（以下、Case2）に分類）を照らし合わせ、各携帯電話事業者イベントに対して同日且つ同地域（保守的に都道府県単位）で重複するFPU運用実績数の分布の集計を行った。



携帯電話事業者Aのイベント実績（142件）に対するFPU運用実績重複

- ✓ Case1 (図1) : 計41件のイベントにおいてFPUとの干渉可能性があるが、その内65.9% (27件) はFPU運用実績重複数1件。当該27件の内18件は屋内外企画中継及びスタジアムイベント中継（シミュレーション結果より、スモールセル基地局7台分の想定で離隔距離は20km程度）であり、都道府県単位の集計のもと、一般的なFPUの都市部での利用と通常時低トラフィックの郊外・開放地での当該ユースケース臨時利用であることを鑑みると干渉可能性は低く、干渉可能性が想定されるのは保守的に見て41-18=23件程度と考えられる。
- ✓ Case2 (図2) : 計9件のイベントにおいてFPUとの干渉可能性を保守的に想定。以上より、保守的に見て、142件中、(23+9件を除く) 110件の可搬型基地局イベントはFPU運用と共用可能と考えられる。

携帯電話事業者Bのイベント実績（38件）に対するFPU運用実績重複

- ✓ Case1 (図3) : 計19件のイベントにおいてFPUとの干渉可能性があるが、そのうち36.8% (7件) はFPU運用実績重複数1件。当該7件は携帯電話事業者Aの場合と同様に屋内外企画中継及びスタジアムイベント中継であり干渉可能性は低く、干渉可能性が想定されるのは保守的に見て19-7=12件程度と考えられる。
 - ✓ Case2 (図4) : 計7件のイベントにおいてFPUとの干渉可能性を保守的に想定。
- 以上より、保守的に見て、38件中、(12+7件を除く) 19件の可搬型基地局イベントはFPU運用と共用可能と考えられる。

- 携帯電話事業者Aと携帯電話事業者Bを合わせると、180件中、129件：72%の可搬型基地局イベントはFPU運用と共用可能と考えられる。
- 共用検討よりFPUからの離隔は30km程度以上の電波見通し距離が必要であるが、FPUは移動業務の無線システムであり、運用頻度や傾向を考慮した場合、ダイナミック周波数共用システムを構築し、FPUの運用時には携帯システムの停波を行うことで、常設利用と同様に共用可能と考えられる。

ダイナミック周波数共用検討まとめ

- ✓ 静的な共用検討結果を踏まえると、移動通信システムとFPUが同一帯域の周波数を共用して運用するためには、基地局とFPUは最低でも20km以上の離隔距離を確保する必要がある。
- ✓ しかしながら、FPUは移動業務の無線システムであり、十分な離隔距離を静的に確保することは困難。
- ✓ 一方で、これまでのFPUの運用実績から、運用頻度や傾向を考慮した場合、ダイナミック周波数共用システムを構築し、FPUの運用時には干渉を与える範囲内の携帯システムの停波を行うことで、共用可能と考えられる。

※本検討結果による離隔距離は、携帯電話の基地局をメッシュ配置した仮想条件により算定しているが、実運用では実際の携帯電話の置局状況を基に算定。