

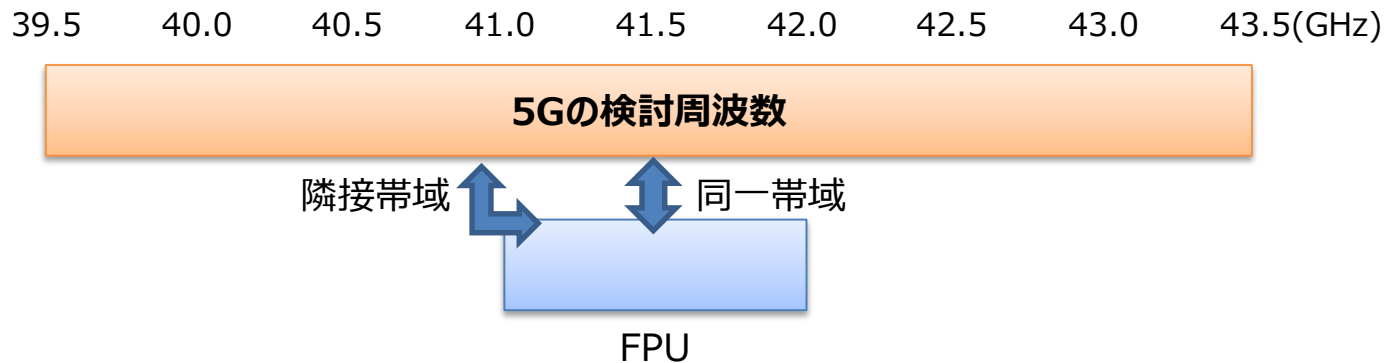
40GHz帯における5Gとの共用検討 (FPU)

株式会社 NTTドコモ

2019年7月31日

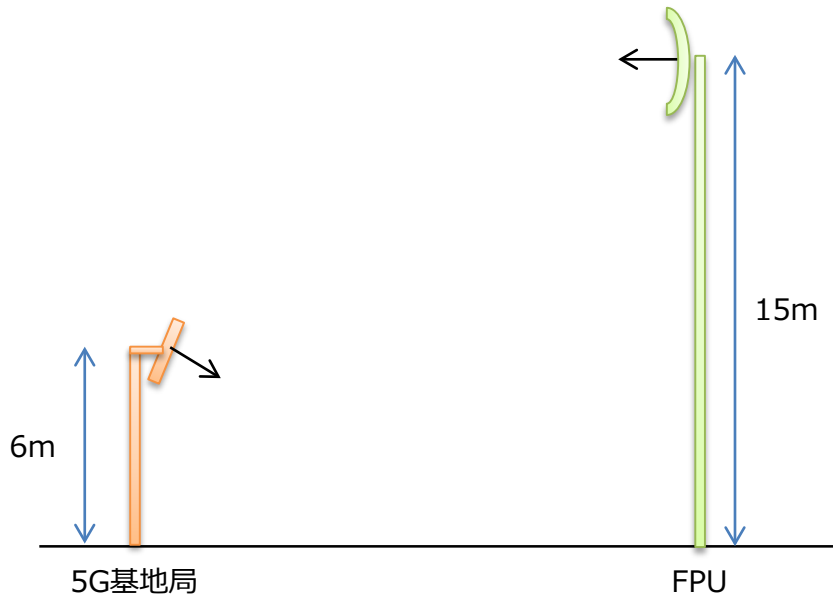
共用検討の概要

- 39.5-43.5GHzの5G検討周波数について、**FPU** (41-42GHz) との共用検討を実施
 - 緊急報道やスポーツ中継などにおいて、屋外の中継先から放送局までの番組素材伝送を行うため、可搬型の送信機、受信機を臨時設置して1対1の見通し固定伝送を行うシステム



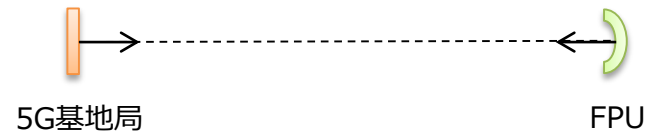
1対1対向モデルによる検討（基地局）

- 真横から見た場合

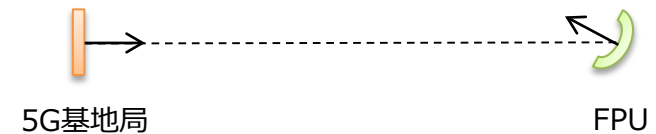
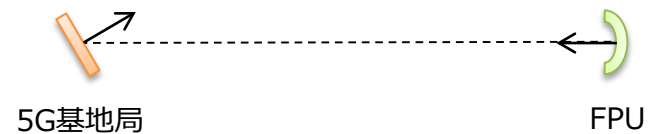


- 真上から見た場合

- 正対条件



- 方位角を変更した条件

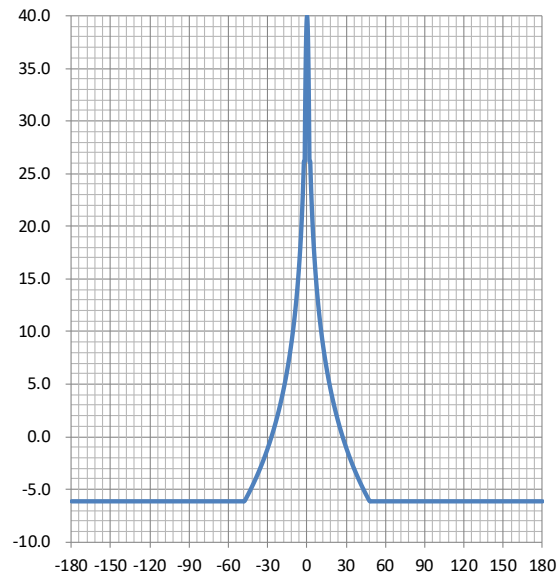


共用検討のパラメータ

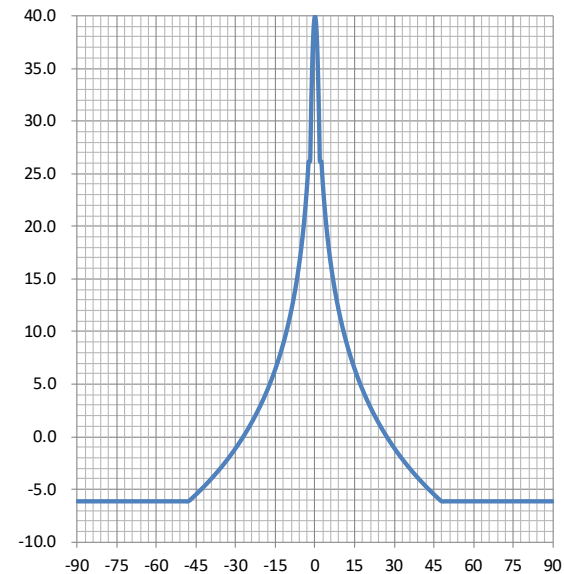
- FPU

項目	設定値
等価等方輻射電力	39.9dBW
チャンネル帯域幅	62.5MHz
不要発射の強度	-10dBm/MHz
給電系損失	0.1dB
空中線高	15m
空中線指向特性	勧告ITU-R F.699、D=0.3m
最大空中線利得	40dBi
チルト角	0°
許容干渉電力	-114.0dBm/MHz

水平面アンテナパターン



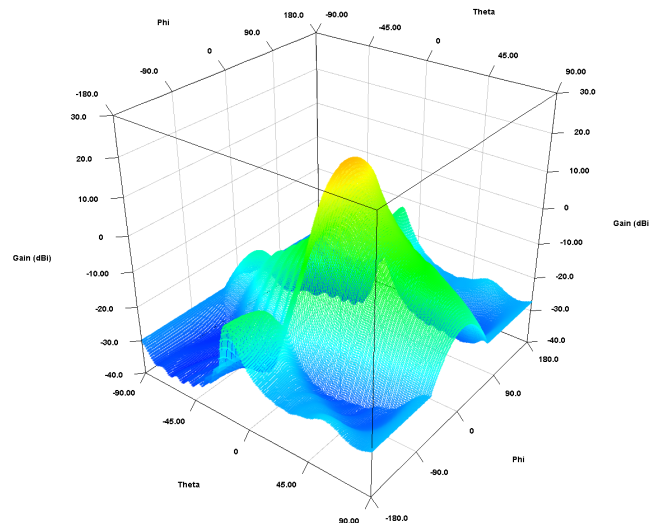
垂直面アンテナパターン



共用検討のパラメータ

- 基地局

項目	設定値	備考
周波数	41GHz	
空中線電力	6 dBm/MHz	
不要発射の強度	-13dBm/MHz	
空中線に関わる損失	3 dB	隣接周波数干渉（被干渉局）の評価で考慮
空中線高	6 m	
空中線指向特性	勧告ITU-R M.2101準拠	平均パターン（下図参照）
最大空中線利得	約26dBi	素子当たり5 dBi、素子数8×16
機械チルト	10°	
許容干渉電力	-108dBm/MHz	I/N=-6 dB、NF=12dB



計算結果（1）

- 基地局からFPUへの干渉影響：1対1対向モデルによる結果

周波数 配置	配置		最小結合量における結果		所要改善量 0 dBとなる 水平距離 (km)
			所要改善量 (dB)	水平距離 (m)	
同一 周波数	正対		40.8	500	125.0
	基地局 (角度変更)	2.0°	40.8	500	125.0
		30.0°	38.7	500	96.2
		45.0°	36.4	500	71.8
		90.0°	20.8	500	8.9
	FPU (角度変更)	2.0°	27.0	500	25.5
		30.0°	-0.3	500	0.01
		45.0°	-4.7	500	0.01
90.0°		-5.3	500	0.01	
隣接 周波数	正対		24.6	500	19.4
	基地局 (角度変更)	2.0°	24.5	500	19.3
		30.0°	22.5	500	14.9
		45.0°	20.2	500	11.2
		90.0°	4.6	500	1.4
	FPU (角度変更)	2.0°	10.8	500	4.0
		30.0°	-16.5	500	0.01
		45.0°	-20.9	500	0.01
90.0°		-21.6	500	0.01	

計算結果（2）

- FPUから基地局への干渉影響：1対1対向モデルによる結果

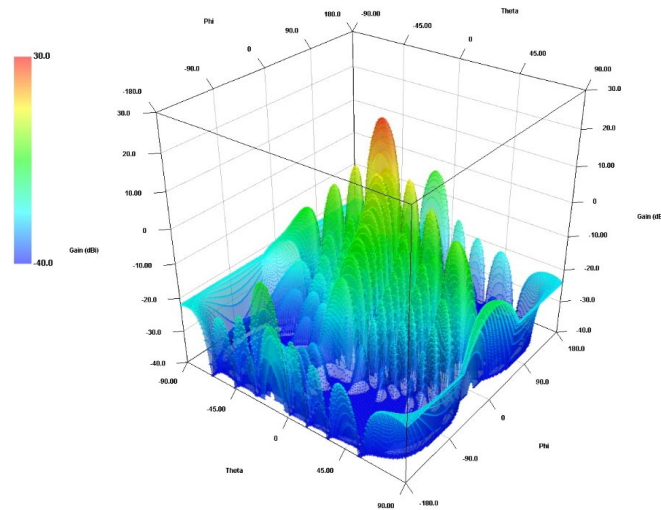
周波数 配置	配置		最小結合量における結果		所要改善量 0 dBとなる 水平距離 (km)
			所要改善量 (dB)	水平距離 (m)	
同一 周波数	正対		40.5	500	121.0
	FPU (角度変更)	2.0°	26.7	500	24.6
		30.0°	-0.6	500	0.01
		45.0°	-5.0	500	0.01
		90.0°	-5.6	500	0.01
	基地局 (角度変更)	2.0°	40.5	500	121.0
		30.0°	38.4	500	92.9
		45.0°	36.1	500	69.4
		90.0°	20.6	500	8.6
	隣接 周波数	正対		18.6	500
FPU (角度変更)		2.0°	4.8	500	1.9
		30.0°	-22.5	500	0.01
		45.0°	-26.9	500	0.01
		90.0°	-27.6	500	0.01
基地局 (角度変更)		2.0°	18.5	500	9.7
		30.0°	16.5	500	7.5
		45.0°	14.2	500	5.6
		90.0°	-1.4	500	0.01

モンテカルロ・シミュレーションによる検討 (基地局)

- 5G基地局とFPUの無線局の設置地点の位置関係については、様々なパターンが存在しうる
- さらに、ビームフォーミングを適用した5G基地局では、空中線指向特性が動的に変動する
- 以上の変動的な要素を加味した共用検討として、モンテカルロ・シミュレーションを用いた評価を実施した
 - 被干渉局を中心とする半径1kmの範囲に1局の与干渉局を配置
 - 5G基地局のビームフォーミングした空中線指向特性は、瞬時パターンを利用
(基地局の空中線地上高6m、基地局-陸上移動局間距離が50mの条件)
 - 与干渉局の配置と空中線指向方向(方位角)を変えながら、合計180,000のスナップショットから干渉電力分布を作成し、確率的に干渉影響を評価

共用検討のパラメータ

- FPUのパラメータは 1 対 1 対向モデルと同じ
- 基地局のパラメータは、空中線指向特性についてのみ変更
 - 基地局と陸上移動局間の距離が50mの条件で生成される瞬時パターンを各試行で利用
 - それ以外のパラメータは、1 対 1 対向モデルと同じ



計算結果（１）

- 基地局からFPUへの干渉影響：モンテカルロ・シミュレーションによる結果

周波数配置	無線局間の 最小離隔距離 (m)	干渉電力の累積分布 97%値 (dBm/MHz)	左記97%値における 所要改善量 (dB)
同一周波数	0	-90.8	23.2
	100	-89.9	24.1
	200	-88.7	25.3
	300	-88.6	25.4
	400	-89.0	25.0
	500	-89.3	24.7
	600	-89.4	24.6
	700	-91.0	23.0
	800	-91.2	22.8
	900	-92.2	21.8
隣接周波数	0	-103.7	10.3
	100	-105.7	8.3
	200	-104.4	9.6
	300	-106.3	7.7
	400	-107.0	7.0
	500	-106.8	7.2
	600	-105.9	8.1
	700	-105.2	8.8
	800	-105.6	8.4
	900	-108.4	5.6

計算結果（2）

- FPUから基地局への干渉影響：モンテカルロ・シミュレーションによる結果

周波数配置	無線局間の 最小離隔距離 (m)	干渉電力の累積分布 97%値 (dBm/MHz)	左記97%値における 所要改善量 (dB)
同一周波数	0	-84.0	24.0
	100	-79.3	28.7
	200	-80.4	27.6
	300	-79.6	28.4
	400	-79.7	28.3
	500	-78.9	29.1
	600	-81.8	26.2
	700	-82.2	25.8
	800	-84.5	23.5
	900	-83.8	24.2
隣接周波数	0	-101.1	6.9
	100	-103.4	4.6
	200	-101.7	6.3
	300	-102.3	5.7
	400	-103.6	4.5
	500	-104.1	3.9
	600	-104.6	3.4
	700	-105.7	2.3
	800	-106.7	1.3
	900	-108.0	0.0

計算結果（3）

- 無線局間の離隔距離が小さい条件で、双方の無線局の空中線方位角が正対するのを避けるように配置することを考慮した結果

与干渉システム	被干渉システム	周波数配置	無線局間の 最小離隔距離	方位角のずれ	干渉電力累積分布の 97%値(dBm/MHz)	左記97%値における 所要改善量(dB)
5G基地局	FPU	同一周波数	0m	±0.5度以上	-105.0	9.0
			0m	±1度以上	-105.1	8.9
			0m	±2度以上	-105.3	8.7
		隣接周波数	0m	±0.5度以上	-121.0	-7.0
			0m	±1度以上	-121.1	-7.1
			0m	±2度以上	-121.2	-7.2

与干渉システム	被干渉システム	周波数配置	無線局間の 最小離隔距離	方位角のずれ	干渉電力累積分布の 97%値(dBm/MHz)	左記97%値における 所要改善量(dB)
FPU	5G基地局	同一周波数	0m	±0.5度以上	-96.2	11.8
			0m	±1度以上	-96.3	11.7
			0m	±2度以上	-96.5	11.5
		隣接周波数	0m	±0.5度以上	-118.1	-10.1
			0m	±1度以上	-118.1	-10.1
			0m	±2度以上	-118.3	-10.3

モンテカルロ・シミュレーションによる検討 (陸上移動局、※隣接帯域のみ)

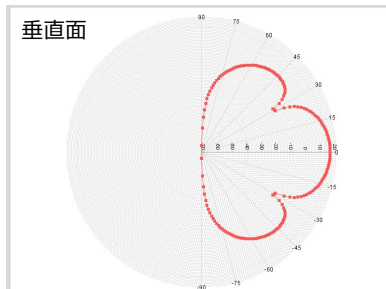
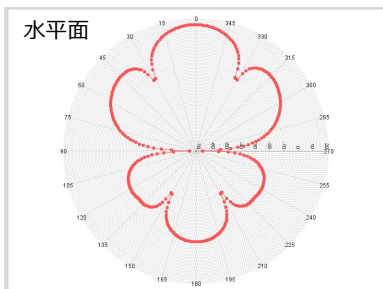
- 陸上移動局からの干渉影響の評価
 - 被干渉局の周囲、半径100mの円内に、同一タイミングで送信する3台の陸上移動局をランダムに配置し、これらの複数の陸上移動局からの被干渉局に到達する総干渉電力を計算する
 - 陸上移動局の配置パターンを変化させて複数回の計算を実施し、合計の干渉電力の値が被干渉局の許容干渉電力の値を超える確率が3%以下となる条件において、所要改善量を求める
- 陸上移動局への干渉影響の評価
 - 陸上移動局の周囲、半径100mの円内に、1台の与干渉局をランダムに配置し、与干渉局から陸上移動局に到達する干渉電力を求める
 - 与干渉局の配置パターンを変化させて複数回の計算を実施し、干渉電力の値が陸上移動局の許容干渉電力の値を超える確率が3%以下となる条件において、所要改善量を求める

共用検討のパラメータ

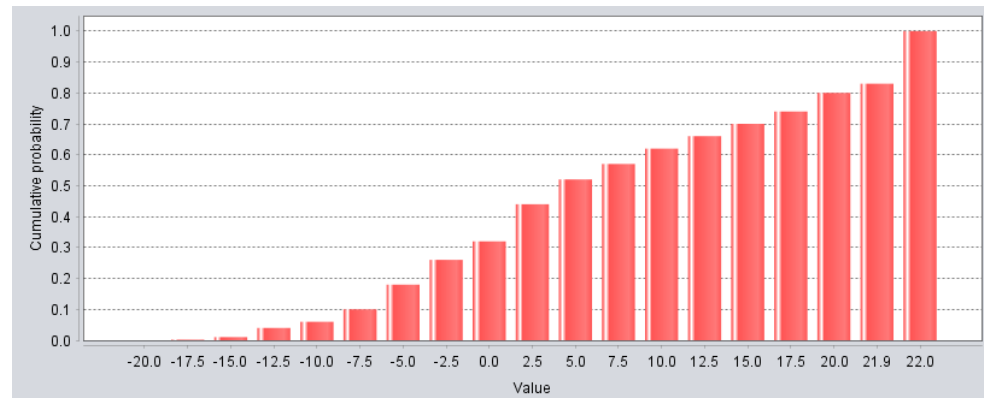
- FPUのパラメータは1対1対向モデルと同じ
- 陸上移動局のパラメータ

項目	設定値	備考
周波数	41GHz	
不要発射の強度	-13dBm/MHz	
空中線に関わる損失	3 dB	被干渉局となる場合に考慮
空中線高	1.5m	
空中線指向特性	勧告ITU-R M.2101準拠	瞬時パターン
最大空中線利得	17dBi	素子数 4 × 4
その他損失	4 dB	人体吸収損
許容干渉電力	-108dBm/MHz	I/N=- 6 dB、NF=12dB

空中線指向特性



送信電力分布



計算結果

- モンテカルロ・シミュレーションによる結果

与干渉局	被干渉局	所要改善量 (dB)
陸上移動局	FPU	-0.9
FPU	陸上移動局	-10.5

共用検討結果のまとめ（同一帯域）

- 5Gシステムの基地局とFPUの無線局の1対1の対向モデルを用いた評価では、お互いの無線局の水平面の最大空中線利得が正対する条件において、100km以上の離隔距離が必要との結果になった。
- 5Gシステムの基地局とFPUの無線局の位置関係は様々なパターンが想定されること、ビームフォーミングを適用した5Gシステムの基地局では、空中線指向特性が動的に変動することを踏まえ、モンテカルロ・シミュレーションによる確率的な評価も行った。その場合、離隔距離を900m、許容干渉電力を超過する確率が3%以下*とした場合に、所要改善量が24.2dB残り、双方の無線局の間にさらに離隔距離を確保することが必要との結果になった。
- 同一周波数を用いる場合に、5GシステムとFPUとの共用のためには、十分な離隔距離（例：双方の無線局の位置関係が見通し外となるような離隔距離）を確保し、運用エリアを地理的に棲み分ける必要がある。
- また、このような棲み分けが現実的に可能であるかについては、両システムの利用用途や利用シーンを考慮して、判断する必要がある。

*携帯電話の導入に関わる過去の情報通信審議会の検討では許容干渉電力を超過する確率として3%以下を考慮した検討が行われている。例えば、情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告（平成23年5月17日）の700MHz帯のFPUに関わる評価では、3%以下を基準とした評価も行われている。

共用検討結果のまとめ（隣接帯域）

- 5Gシステムの基地局とFPUの無線局の1対1の対向モデルを用いた評価では、お互いの無線局の水平面の最大空中線利得が正対する条件において、20km程度の離隔距離が必要との結果になった。
- 5Gシステムの基地局とFPUの無線局の位置関係は様々なパターンが想定されること、ビームフォーミングを適用した5Gシステムの基地局では、空中線指向特性が動的に変動することを踏まえ、モンテカルロ・シミュレーションによる確率的な評価も行った。その場合、離隔距離を900m、許容干渉電力を超過する確率を3%以下とした場合に、所要改善量は5.6dB程度以下となる。また、離隔距離が小さい条件で、双方の無線局の空中線の方位角が正対しないように配置する対策をとれば、所要改善量を0dB以下とすることが可能である。
- 上記の評価において、モンテカルロ・シミュレーションによる評価がより現実の利用シーンを反映していることや、双方の無線局の不要発射の強度の改善や、評価に用いた許容干渉電力にはマージンが含まれる（実際の通信に影響が出る干渉電力のレベルには余裕がある）ことを考慮すると、5Gシステムの基地局とFPUは、隣接周波数の条件で共用可能であると考えられる。

共用検討結果のまとめ（隣接帯域）

- 5Gシステムの陸上移動局とFPUの無線局が隣接周波数を用いる場合について、モンテカルロ・シミュレーションによる共用検討を行った。陸上移動局が与干渉局となる場合、FPUが与干渉局となる場合とも、所要改善量が0 dB以下となった。以上より、5Gシステムの陸上移動局とFPUは、隣接周波数の条件で共用可能であると考えられる。