

40GHz帯における5Gとの共用検討 (FPU補足/ワイヤレスカメラ)

株式会社 NTTドコモ

2019年10月7日

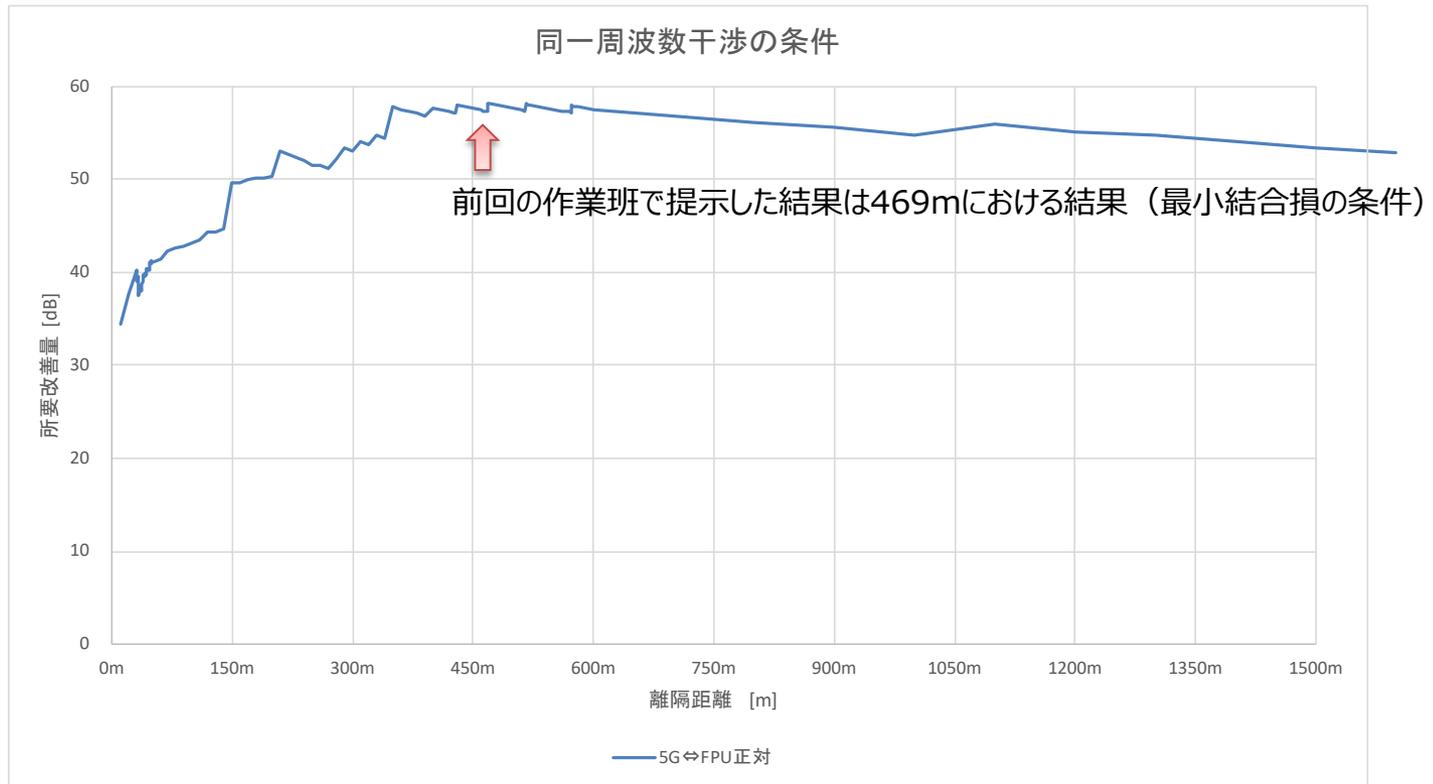
はじめに

- 本資料では前回（9/6）の技術検討作業班におけるコメントを踏まえ、40GHz帯の共用検討について、以下の追加検討結果を報告する。
 - **FPU の共用検討における最小結合損の補足説明**
 - 前回作業班で提示した評価結果は、最小結合損の離隔距離における所要改善量の結果であるが、離隔距離が変化した場合にどのように所要改善量が変化するか？
 - **ワイヤレスカメラに対する共用検討結果**
 - FPUの他に、空中線利得が小さくブロードな空中線指向特性を使ったワイヤレスカメラの用途があるが、その場合の干渉影響はどのようになると想定されるか？

FPUの共用検討における 最小結合損の補足説明

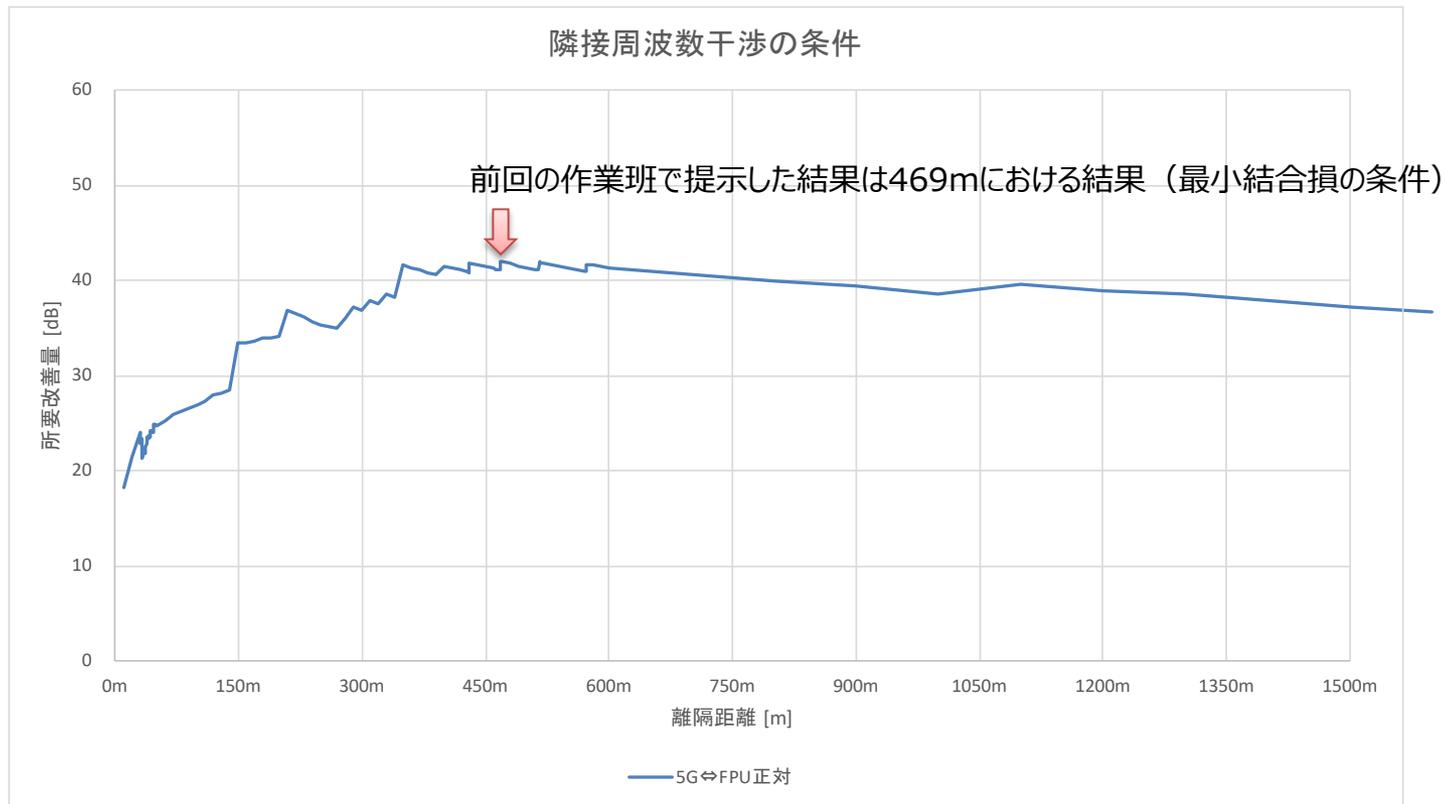
FPUの共用検討における最小結合損について

- 基地局との共用検討における離隔距離と所要改善量の関係（同一帯域）
 - お互いの無線局の空中線の方角角が正対する条件で算出



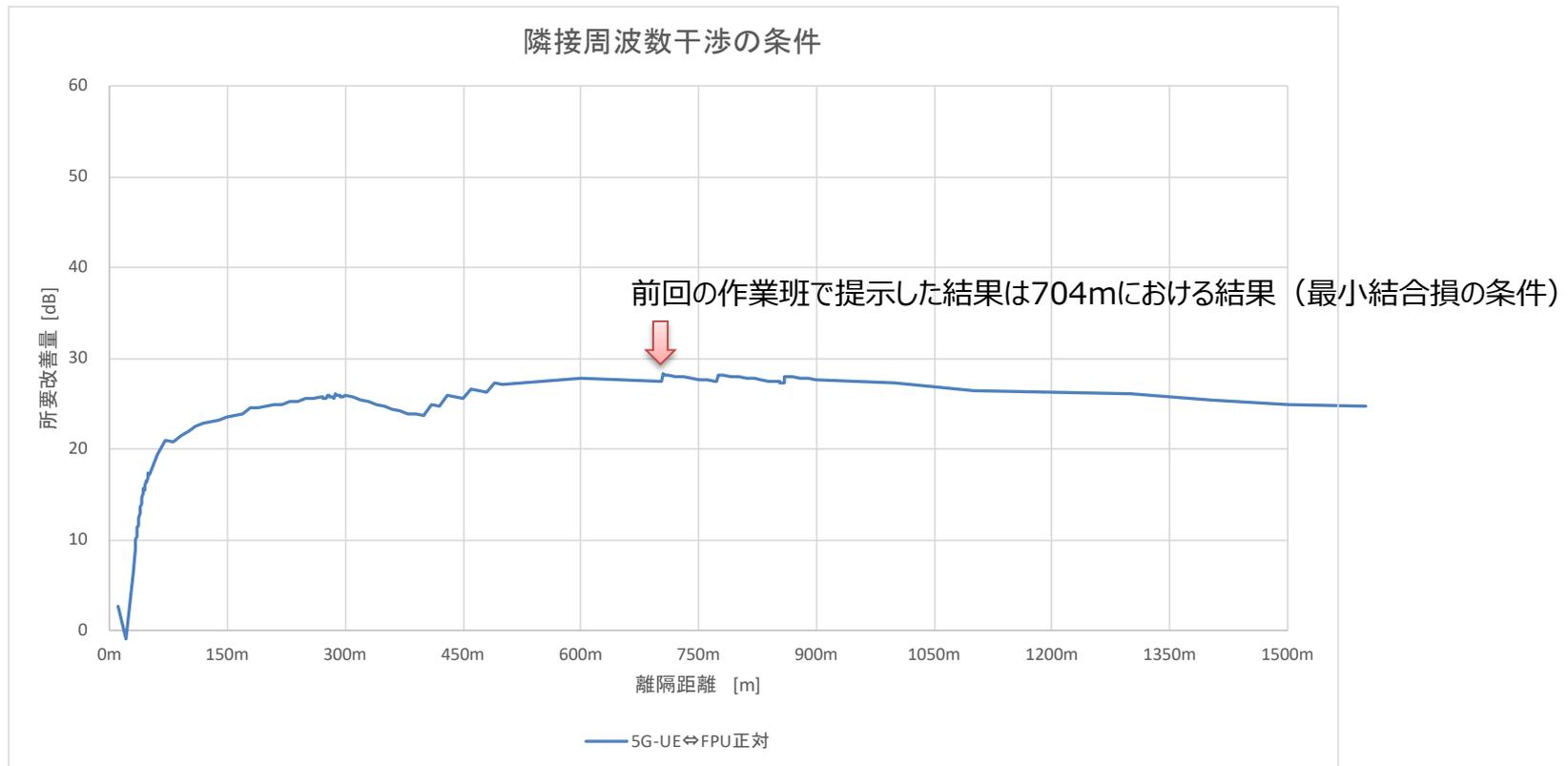
FPUの共用検討における最小結合損について

- 基地局との共用検討における離隔距離と所要改善量の関係（隣接帯域）
 - お互いの無線局の空中線の方角が正対する条件で算出



FPUの共用検討における最小結合損について

- 陸上移動局との共用検討における離隔距離と所要改善量の関係(隣接帯域)
 - お互いの無線局の空中線の方角が正対する条件で算出



FPUの共用検討における最小結合損について

- 基地局／陸上移動局とFPUの無線局の離隔距離が異なる条件として
 - 離隔距離が200～300m程度以下の条件では、垂直方向の空中線の指向性減衰が期待できるため、所要改善量が低減する。結果として、共用を実現するために必要な、空中線の方位角をずらす角度が緩和される。
 - 一方、離隔距離が200～300m程度以上の条件では、所要改善量に大きな変動はない。ただし実環境では、双方の無線局の離隔距離が増加するほど、見通しの位置関係が維持される可能性も小さくなる（例：建物等の障害物が存在）と考えられるため、共用の可能性がより高くなる。
- 異なる離隔距離の条件を考慮しても、前回の作業班で提示した最小結合損における評価結果に基づいて考察した隣接周波数における共用条件の内容は、妥当であると考えられる。

ワイヤレスカメラ（41-42 GHz）に対する 共用検討結果

共用検討の概要

- 39.5-43.5GHzの5G検討周波数について、FPUと同じ周波数（41-42GHz）を用いるワイヤレスカメラとの共用検討を実施
 - 屋内スタジオや屋外での番組制作において、カメラから副調設備までの映像伝送を行う
 - カメラの運用範囲をカバーするように受信機を臨時設置して、エリア内で移動伝送を行う



ワイヤレスカメラの共用検討パラメータ

- 送信機のパラメータ

項目	設定値
等価等方輻射電力	最大2.5 dBW
チャンネル間隔	62.5 MHz
不要輻射の強度	-10 dBm/MHz
送信空中線種別	オムニアンテナ（提示された空中線指向特性を利用）
送信空中線高	2 m
送信空中線利得	3 dBi
給電線損失	0.5 dB

- 受信機のパラメータ

項目	設定値
受信空中線種別	円錐ホーンアンテナ（提示された空中線指向特性を利用）
受信空中線高	8 m
受信空中線利得	20 dBi
受信空中線チルト角	10度
給電線損失	0.5 dB
許容干渉電力	-114.0 dBm/MHz

5Gシステムの共用検討パラメータ

- 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	同一周波数干渉及び隣接周波数干渉（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	最大パターン又は平均パターン
最大空中線利得	約26dBi	素子当たり5 dBi、素子数8×16
機械フィルタ	10°	
許容干渉電力	-108dBm/MHz	I/N=- 6 dB、NF=12dB

- 陸上移動局

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	約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

基地局との共用検討結果（1対1対向モデル）

5G基地局→ワイヤレスカメラ受信機への干渉影響

- 5G基地局→ワイヤレスカメラ受信機への干渉影響
 - 基地局の空中線指向特性として**最大パターン**を考慮

周波数配置	配置		計算結果*	
			所要改善量 (dB)	左記の所要改善量を 算出した離隔距離 (m)
同一周波数	正対		63.3	10
	基地局 (角度変更)	2.0°	63.4	10
		30.0°	59.3	10
		45.0°	58.5	10
		90.0°	46.3	20
	ワイヤレスカメラ (角度変更)	2.0°	63.1	10
		30.0°	38.9	10
		45.0°	28.1	10
		90.0°	23.2	10
	隣接周波数	正対		47.0
基地局 (角度変更)		2.0°	47.2	10
		30.0°	43.1	10
		45.0°	42.3	10
		90.0°	30.1	20
ワイヤレスカメラ (角度変更)		2.0°	46.9	10
		30.0°	22.7	10
		45.0°	11.8	10
		90.0°	7.0	10

*本評価では離隔距離10m、20m、50m、100m、200m、500m、1km、2km、5km、・・・、10kmと変化させた場合に最大の所要改善量となる条件の結果を提示

基地局との共用検討結果（1対1対向モデル）

ワイヤレスカメラ送信機→5G基地局への干渉影響(最大パターン)

- ワイヤレスカメラ送信機→基地局への干渉影響
 - 基地局の空中線指向特性として**最大パターン**を考慮

周波数配置	配置		計算結果*	
			所要改善量 (dB)	左記の所要改善量を 算出した水平距離 (m)
同一周波数	正対		58.5	10
	ワイヤレスカメラ (角度変更)	2.0°	58.5	10
		30.0°	58.5	10
		45.0°	58.5	10
		90.0°	58.5	10
	基地局 (角度変更)	2.0°	58.5	10
		30.0°	57.9	10
		45.0°	56.9	10
		90.0°	35.5	10
	隣接周波数	正対		36.5
ワイヤレスカメラ (角度変更)		2.0°	36.5	10
		30.0°	36.5	10
		45.0°	36.5	10
		90.0°	36.5	10
基地局 (角度変更)		2.0°	36.5	10
		30.0°	35.8	10
		45.0°	34.9	10
		90.0°	13.4	10

*本評価では離隔距離10m、20m、50m、100m、200m、500m、1km、2km、5km、・・・、10kmと変化させた場合に最大の所要改善量となる条件の結果を提示

基地局との共用検討結果（1対1対向モデル）

ワイヤレスカメラ送信機→5G基地局への干渉影響(平均パターン)

- ワイヤレスカメラ送信機→基地局への干渉影響
 - 基地局の空中線指向特性として**平均パターン**を考慮

周波数配置	配置		計算結果*	
			所要改善量 (dB)	左記の所要改善量を 算出した水平距離 (m)
同一周波数	正対		41.7	20
	ワイヤレスカメラ (角度変更)	2.0°	41.7	20
		30.0°	41.7	20
		45.0°	41.7	20
		90.0°	41.7	20
	基地局 (角度変更)	2.0°	41.7	20
		30.0°	39.2	20
		45.0°	36.0	20
		90.0°	5.7	10
	隣接周波数	正対		19.6
ワイヤレスカメラ (角度変更)		2.0°	19.6	20
		30.0°	19.6	20
		45.0°	19.6	20
		90.0°	19.6	20
基地局 (角度変更)		2.0°	19.6	20
		30.0°	17.2	20
		45.0°	14.0	20
		90.0°	-16.3	10

*本評価では離隔距離10m、20m、50m、100m、200m、500m、1km、2km、5km、・・・、10kmと変化させた場合に最大の所要改善量となる条件の結果を提示

1 対 1 対向モデルでの検討結果の概要

- 前スライド頁までの検討結果より、許容干渉電力を満たすための所要改善量の大きさは、ワイヤレスカメラ送信機から5Gシステムの基地局への干渉影響（スライド12、13）に比較して、5Gシステムの基地局からワイヤレスカメラ受信機への干渉影響（スライド11）が大きい結果となっている。
- そこで、以下のスライドでは、5Gシステムの基地局からワイヤレスカメラ受信機への干渉影響について、詳細な検討を行った。
 - 空中線の方位角の位置関係が、所要改善量に与える影響
 - 5G基地局とワイヤレスカメラ受信機との間の離隔距離が、所要改善量に与える影響
- また、5Gシステムの陸上移動局からワイヤレスカメラ受信機への干渉影響についても、同様な検討を実施した。

基地局との共用検討結果（同一帯域）

5G基地局→ワイヤレスカメラ受信機への干渉影響

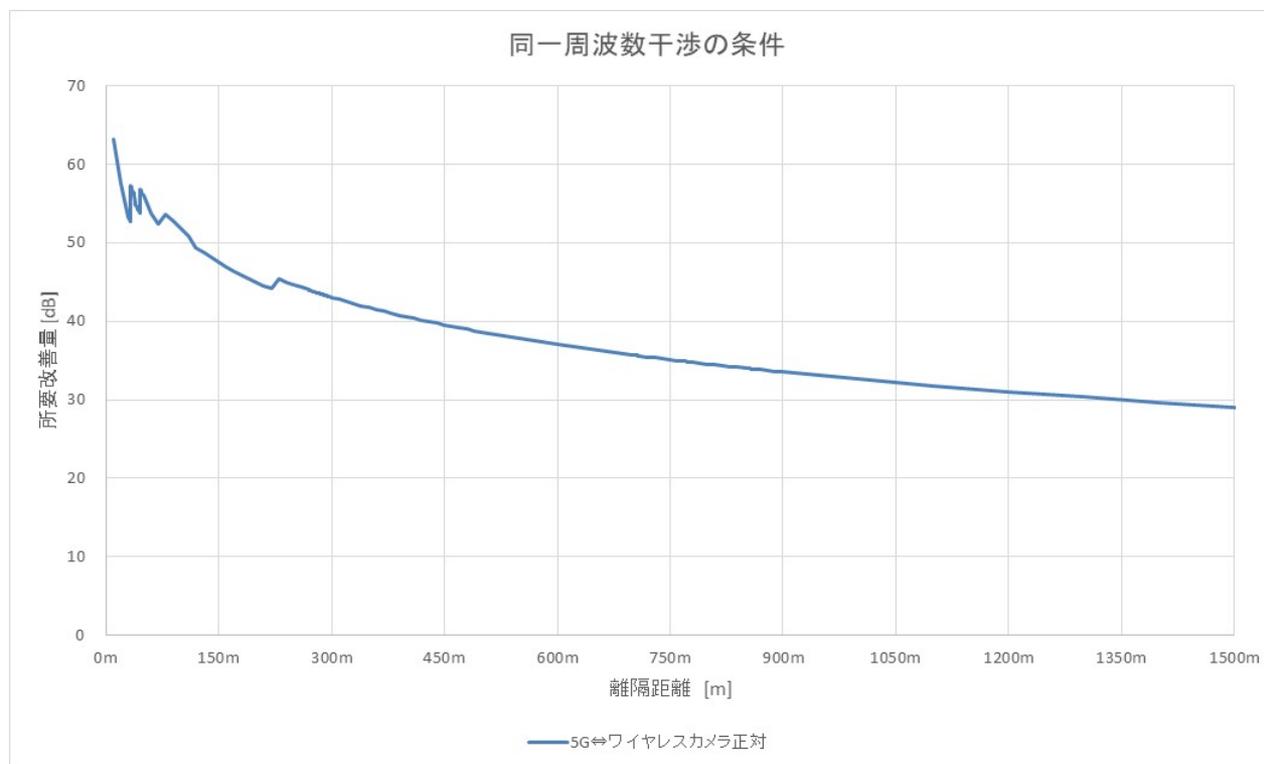
- 空中線の方位角の位置関係が、所要改善量に与える影響（最小結合損の条件）
 - 空中線の方角をずらすことで、所要改善量は改善する。
 - ただし、FPUの場合に比較すると、ワイヤレスカメラの空中線指向特性は鋭くないため、所要改善量の改善は緩やかである。



基地局との共用検討結果（同一帯域）

5G基地局→ワイヤレスカメラ受信機への干渉影響

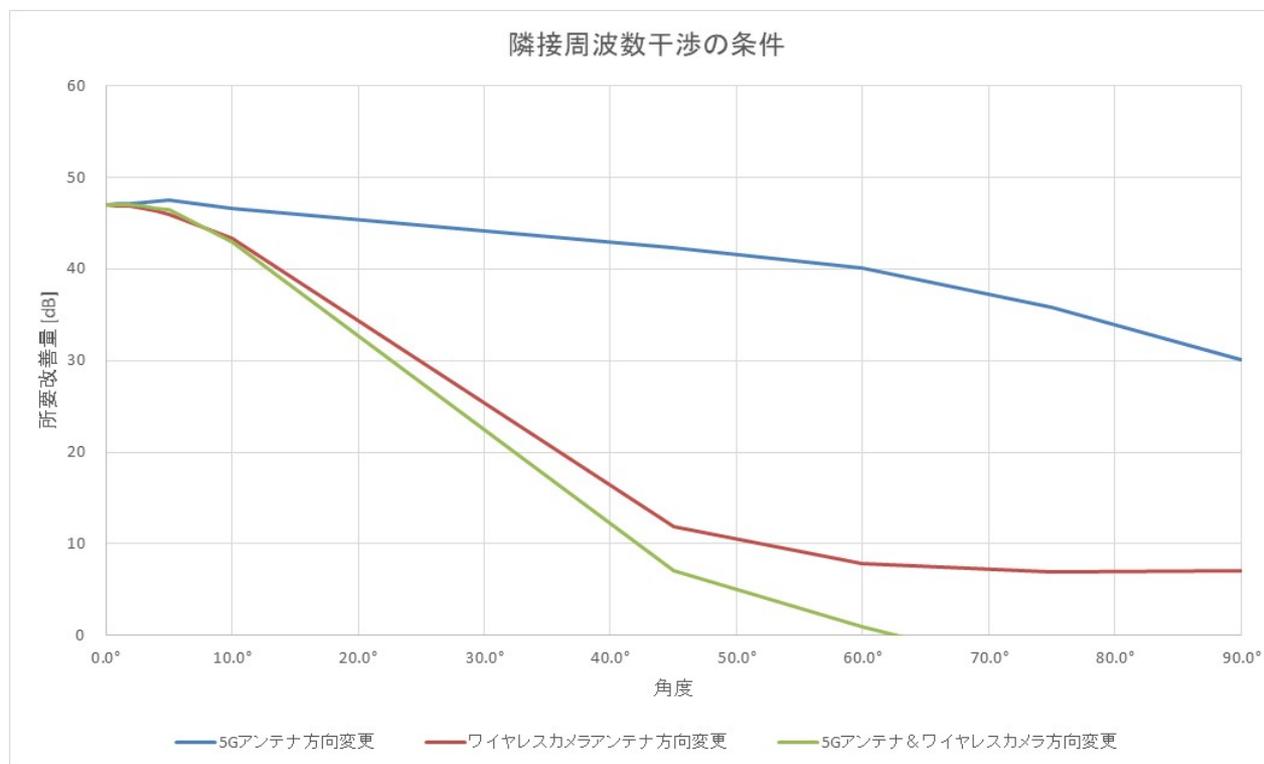
- 5G基地局とワイヤレスカメラ受信機との間の離隔距離が、所要改善量に与える影響（お互いの空中線の方位角が正対する条件）
 - 離隔距離を確保することで所要改善量は改善するものの、1.5kmの離隔距離の条件でも30dB程度の所要改善量が残る。



基地局との共用検討結果（隣接帯域）

5G基地局→ワイヤレスカメラ受信機への干渉影響

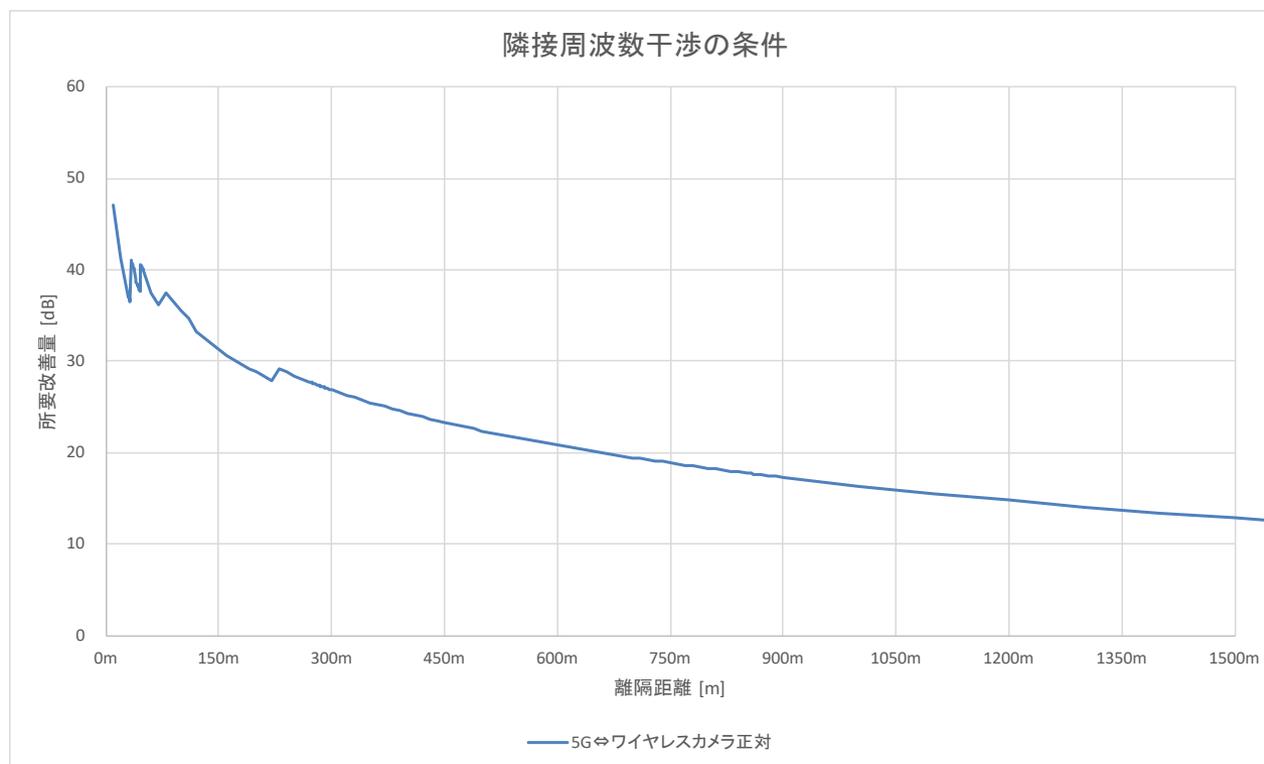
- 空中線の方角角の位置関係が、所要改善量に与える影響（最小結合損の条件）
 - 空中線の方角をずらすことで、所要改善量は改善する
 - ただし、FPUの場合に比較すると、ワイヤレスカメラの空中線指向特性は鋭くないため、所要改善量の改善は緩やかである。



基地局との共用検討結果（隣接帯域）

5G基地局→ワイヤレスカメラ受信機への干渉影響

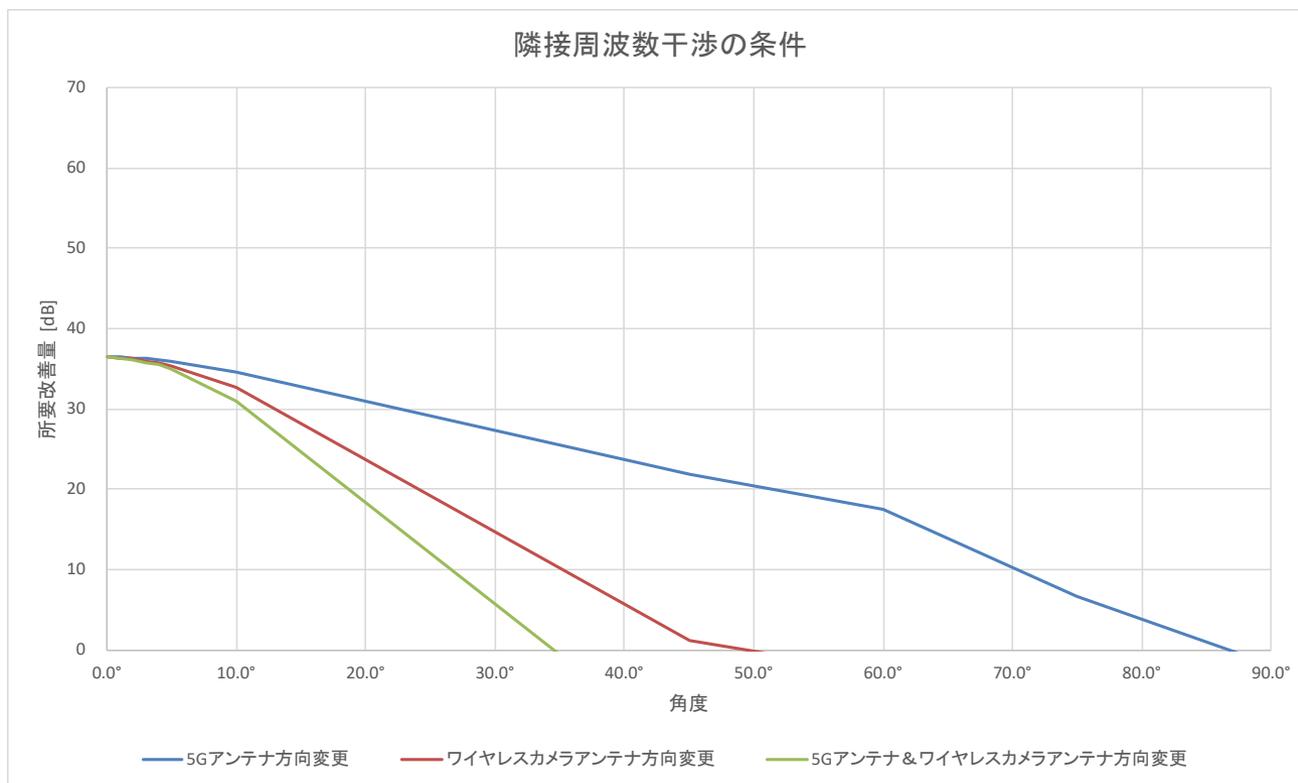
- 5G基地局とワイヤレスカメラ受信機との間の離隔距離が、所要改善量に与える影響（お互いの空中線の方位角が正対する条件）
 - 離隔距離を確保することで所要改善量は改善し、例えば、離隔距離を300m、600m確保することで、所要改善量はそれぞれ27dB、21dB程度に低減する。



陸上移動局との共用検討結果（隣接帯域）

5G陸上移動局→ワイヤレスカメラ受信機への干渉影響

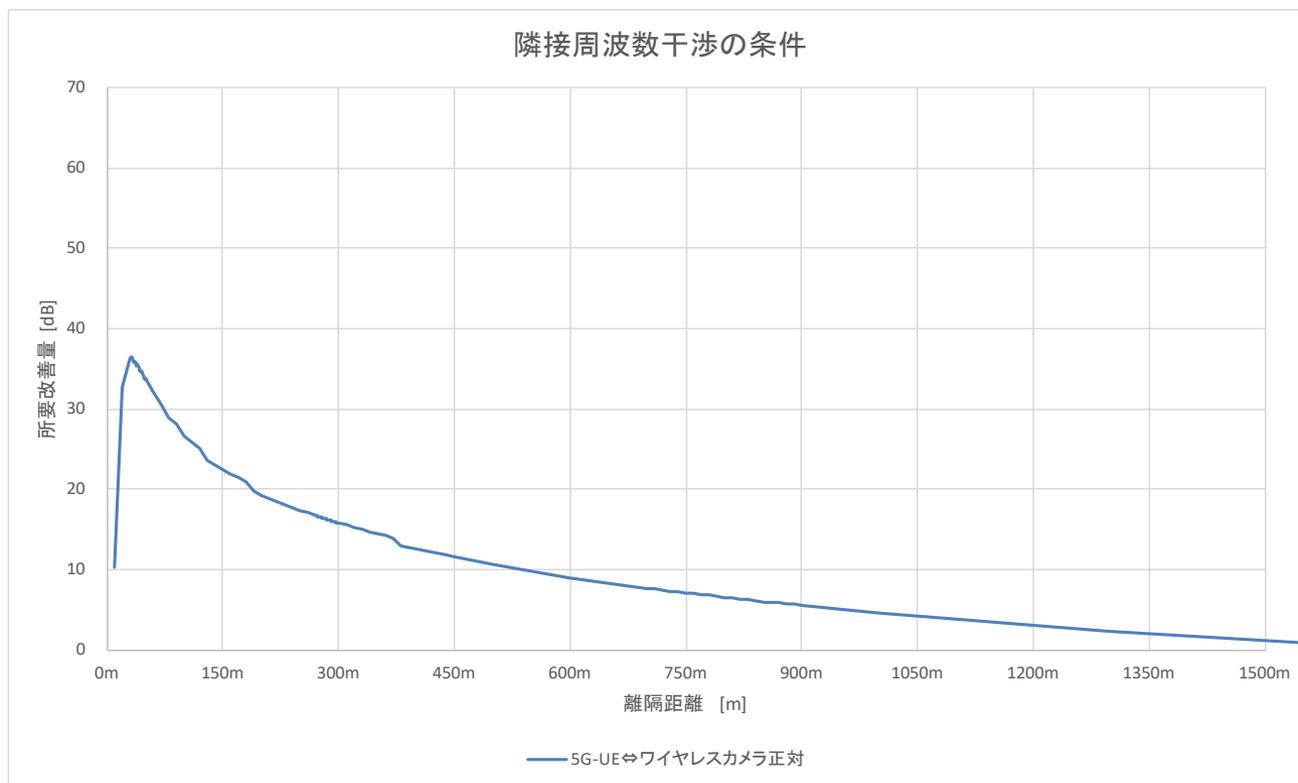
- 空中線の方位角の位置関係が、所要改善量に与える影響（最小結合損の条件）
 - 空中線の方角をずらすことで、所要改善量は改善する
 - ただし、FPUの場合に比較すると、ワイヤレスカメラの空中線指向特性は鋭くないため、所要改善量の改善は緩やかである。



陸上移動局との共用検討結果（隣接帯域）

5G陸上移動局→ワイヤレスカメラ受信機への干渉影響

- 5G陸上移動局とワイヤレスカメラ受信機との間の離隔距離が、所要改善量に与える影響（お互いの空中線の方位角が正対する条件）
 - 離隔距離を確保することで所要改善量は改善する。
 - また、基地局の場合に比較して所要改善量は全体的に10dB程度低減する。



共用検討結果のまとめ（同一帯域）

- 5Gシステムの基地局とワイヤレスカメラの無線局の1対1の対向モデルを用いた評価では、お互いの空中線の方位角が正対する条件では、所要改善量が最大で63dB程度の結果となった。
- また、ワイヤレスカメラ送信機から5Gシステムの基地局への干渉影響に比較して、5Gシステムの基地局からワイヤレスカメラ受信機への干渉影響が大きい結果となった。
- そこで、5G基地局からワイヤレスカメラ受信機への干渉影響をさらに調査したところ、
 - お互いの空中線の方位角が正対条件からずれるにしたがって、所要改善量を低減させることが可能との結果が得られたが、ワイヤレスカメラの空中線指向特性はFPUに比較して緩やかであるため、所要改善量の改善も緩やかな結果となった。
 - また、離隔距離を確保することで所要改善量は改善するものの、1.5kmの離隔距離を確保した場合でも、お互いの空中線の方位角が正対条件であると30dB程度の所要改善量が残る結果となった。
- これらの点を踏まえると、5Gシステムとワイヤレスカメラが同一帯域を用いる場合には、空中線の設置の工夫だけでは共用は難しく、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、※今回の共用検討モデルの空中線高の設定では20km程度）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。

共用検討結果のまとめ（隣接帯域）

5Gシステムの基地局との共用について

- 5Gシステムの基地局とワイヤレスカメラの無線局の1対1の対向モデルを用いた評価では、お互いの空中線の方位角が正対する条件では、所要改善量が最大で47dB程度の結果となった。
- また、ワイヤレスカメラ送信機から5Gシステムの基地局への干渉影響に比較して、5Gシステムの基地局からワイヤレスカメラ受信機への干渉影響が大きい結果となった。
- そこで、5G基地局からワイヤレスカメラ受信機への干渉影響をさらに調査したところ、
 - お互いの空中線の方位角が正対条件からずれるにしたがって、所要改善量を低減させることが可能との結果が得られたが、ワイヤレスカメラの空中線指向特性はFPUに比較して緩やかであるため、所要改善量の改善も緩やかな結果となった。所要改善量を0dB以下とするためには、双方の空中線の方位角を30°程度以上ずらす必要があった。
 - 一方、離隔距離を確保することでも所要改善量は改善し、離隔距離を300m、600m確保することで、所要改善量はそれぞれ27dB、21dB程度に低減した。
- なお、上記の所要改善量は、基地局の不要発射の強度が-13dBm/MHzの条件で算出している。3GPP 5G NRの仕様では、送信帯域に近接する10%の周波数範囲では最大で-5dBm/MHzの不要発射の強度が許容されているケースがあり、その場合、所要改善量は最大で8dB増加する。ただし、実際の無線機の製造では、不要発射の強度の許容値を満たすため6～8dB程度のマージンを設けた設計を行っており、実際の無線機の不要発射の強度の実力値は仕様で規定された許容値よりも改善されている。また、周波数離調が大きくなれば、不要発射の強度はさらに改善し、所要改善量の低減が可能である。

共用検討結果のまとめ（隣接帯域）

5Gシステムの基地局との共用について（続き）

- 以上の点を踏まえ、さらにワイヤレスカメラの利用形態を考慮すると、以下のように考察できる。
 - 屋内スタジオで利用されるワイヤレスカメラ
 - 屋外に設置された5G基地局からの干渉影響は、建物の遮蔽効果*が十分に期待できるため、共用は可能であると考えられる。
 - また、ワイヤレスカメラが利用されている同一屋内に5G基地局を新たに設置する場合には、空中線の配置等を工夫する等の個別の調整を実施して共用可能な条件を明らかにすることで、5G基地局を設置することが可能であると考えられる。
 - 屋外で利用されるワイヤレスカメラ
 - ワイヤレスカメラの利用に際してその受信機を設置する際に、5G基地局が近接している条件では、正対や見通しの位置関係にならないようにする等、空中線の配置を工夫することで、共用可能であると考えられる。
 - また、近接しない周辺の5G基地局からの干渉影響の可能性については、5Gの基地局はホットスポット的に低空中線高で設置される可能性が高いことから、建物等の遮蔽の影響により、共用検討で示された所要改善量を解消できると考えられる。
- これらの点を考慮することで、5Gシステムの基地局とワイヤレスカメラの無線局は、隣接周波数の条件で共用可能であると考えられる。

*28GHz帯の5Gの技術的条件を検討した情報通信審議会報告によると、建物の材質によるが20～40dB程度の建物の侵入損が平均的に期待できることが、勧告ITU-R P.2109に基づき示されている

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の共用について

- 検討した評価結果からは、陸上移動局からの干渉影響は、基地局からの干渉影響に比較して、所要改善量は10dB程度低い結果となった。
- 5Gシステムの陸上移動局は、送信電力及び送信帯域幅の動的制御を行っており、それらの値が小さくなるにつれて、不要発射の強度を低減する効果が得られる。
- さらに、同一タイミングで電波を発射する陸上移動局数は基地局当たり数台程度であり、一般には陸上移動局同士の干渉を避けるため周波数をすみ分けて送信が行われるため、複数の陸上移動局のアグリゲート干渉の影響は、最大で数dB程度と考えられる。
- また、5Gシステムの陸上移動局は、基地局からの信号が受信可能で、基地局の制御に基づいて電波を発射するため、電波の発射場所は基地局の周辺に限られる。
 - 40GHz帯を利用する5Gシステムでは、基地局の周辺100m程度の範囲であると想定される。
- 以上の点を考慮すると、5Gシステムの陸上移動局の干渉影響は、基地局からの干渉影響に比較して支配的ではないと考えられ、5Gシステムの基地局とワイヤレスカメラの無線局が隣接周波数の条件で共用可能な条件で運用できるような干渉調整を実施すれば、陸上移動局についても共用可能であると考えられる。