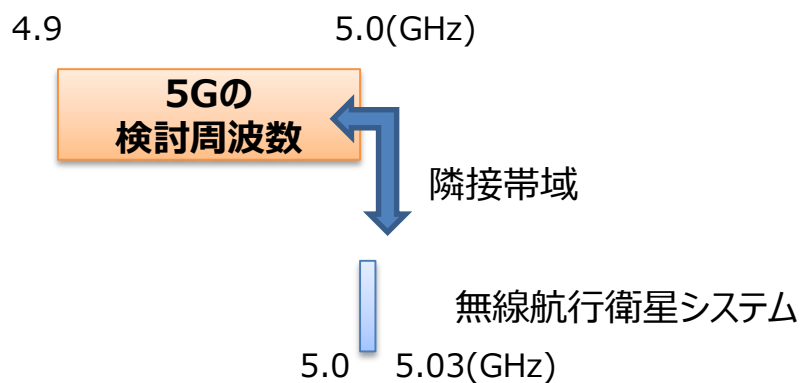


無線航行衛星システムとの共用検討結果

株式会社 NTTドコモ
2020年12月8日

はじめに

- 4.9～5.0GHz（4.9GHz帯）における5Gシステムの導入可能性を検討するため、無線航行衛星システム（5.0～5.03GHz）との、隣接帯域における共用検討を実施。



5Gシステムの共用検討パラメータ

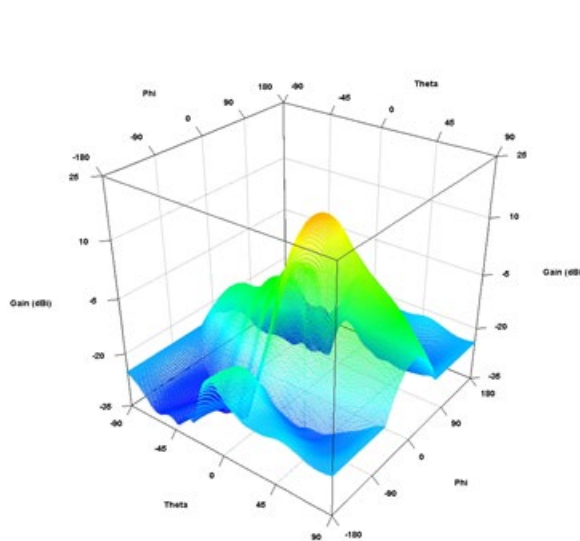
- 屋外基地局のパラメータ

項目	スモールセル 基地局	マクロセル 基地局	備考
空中線電力	5 dBm/MHz	28dBm/MHz	
不要発射の強度	-16dBm/MHz	- 4 dBm/MHz	
空中線に関わる損失	3 dB	3 dB	同一帯域（与干渉局、被干渉局） 及び隣接帯域（被干渉局）の評価 で考慮
空中線地上高	10m	40m	
空中線指向特性	勧告ITU-R M.2101準拠		
最大空中線利得	約23dBi	約23dBi	素子当たり5 dBi、 素子数8×8
機械チルト	10°	6°	
許容干渉電力（帯域内干渉）	-110dBm/MHz	-115dBm/MHz	
許容干渉電力（帯域外干渉）	-47dBm	-52dBm	

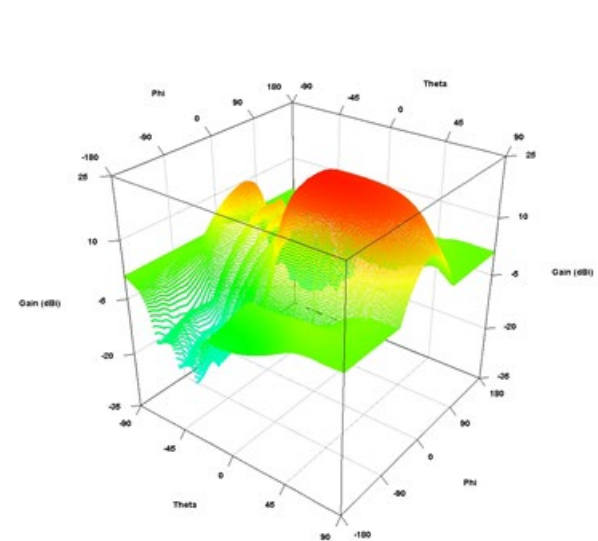
5Gシステムの共用検討パラメータ

- 屋外基地局（スモールセル）の空中線指向特性

平均パターン



最大パターン

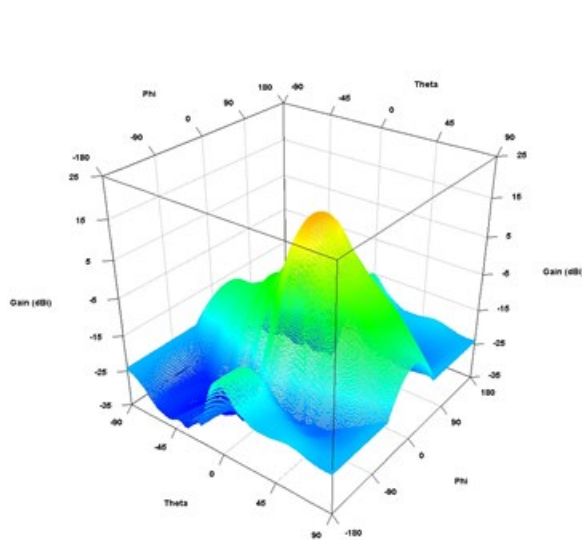


- 陸上移動局を基地局エリア内に配置し、勧告ITU-R M.2101のAnnex 1の5章に示される数式に基づき、基地局のメインビームを陸上移動局に向ける空中線指向特性を生成。
- 陸上移動局の配置位置を変更しつつ、上記の方法に基づいて生成された多数のスナップショットを取得して統計処理を行い、任意の方向の空中線利得を**平均値**によりあらかじめモデル化。
- 陸上移動局を基地局エリア内に配置し、勧告ITU-R M.2101のAnnex 1の5章に示される数式に基づき、基地局のメインビームを陸上移動局に向ける空中線指向特性を生成。
- 陸上移動局の配置位置を変更しつつ、上記の方法に基づいて生成された多数のスナップショットを取得して統計処理を行い、任意の方向の空中線利得を**最大値（包絡線）**によりあらかじめモデル化。

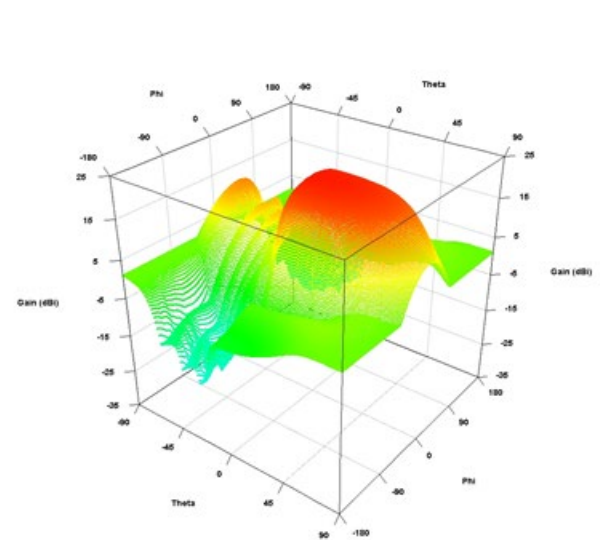
5Gシステムの共用検討パラメータ

- 屋外基地局（マクロセル）の空中線指向特性

平均パターン



最大パターン



無線航行衛星システムの 共用検討パラメータ

- 地球局

項目	設定値
設置場所	常陸太田、種子島、沖縄（2か所）、 宮古島、久米島、石垣島
空中線地上高	地球局毎の値
空中線指向特性	地球局毎の値 (勧告ITU-R S.580又はS.465準拠)
仰角・方位角	地球局毎の値
給電線損失	地球局毎の値
許容干渉電力	提示された値

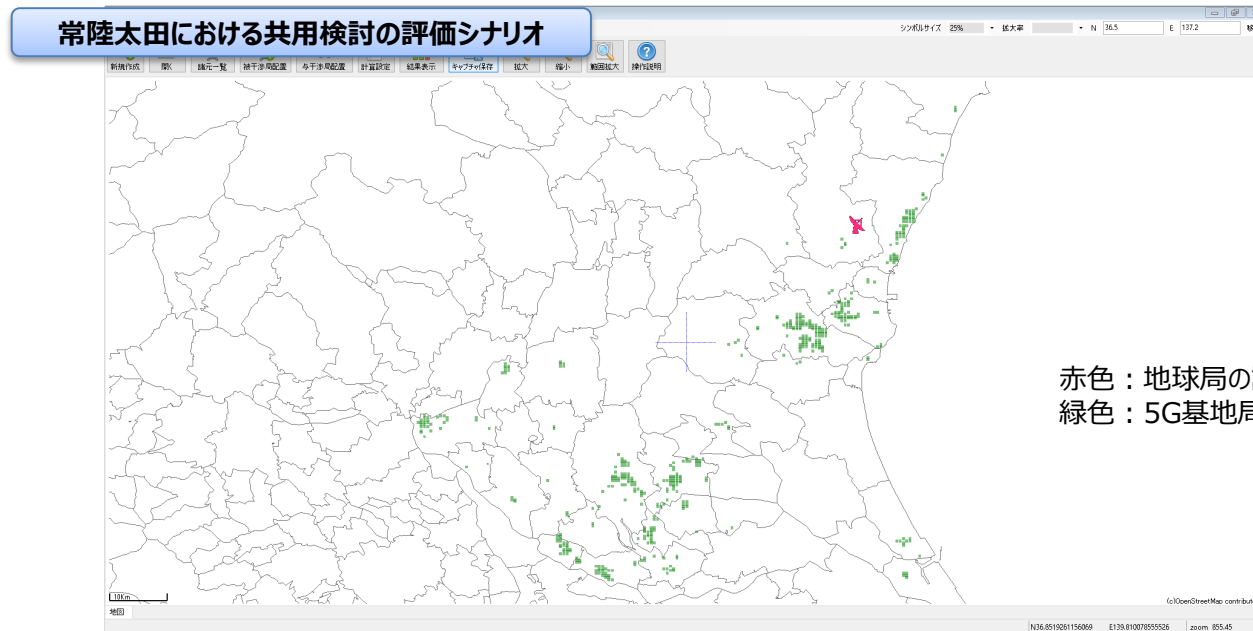
- 宇宙局

項目	設定値	
	静止衛星	非静止衛星
宇宙局の位置	3つの経度を評価 (計3通り)	国内の7地点にて、宇宙局への距離が 最短となる場合、仰角が最小となる場合 を評価 (計14通り)
高度	35,786km	上記条件に応じて設定
不要発射の強度	提示された値	提示された値
空中線利得	提示された値	提示された値
給電線損失	提示された値	提示された値
許容干渉電力	提示された値	提示された値

無線航行衛星システムとの共用検討 (隣接帯域)

無線航行衛星システムとの共用検討

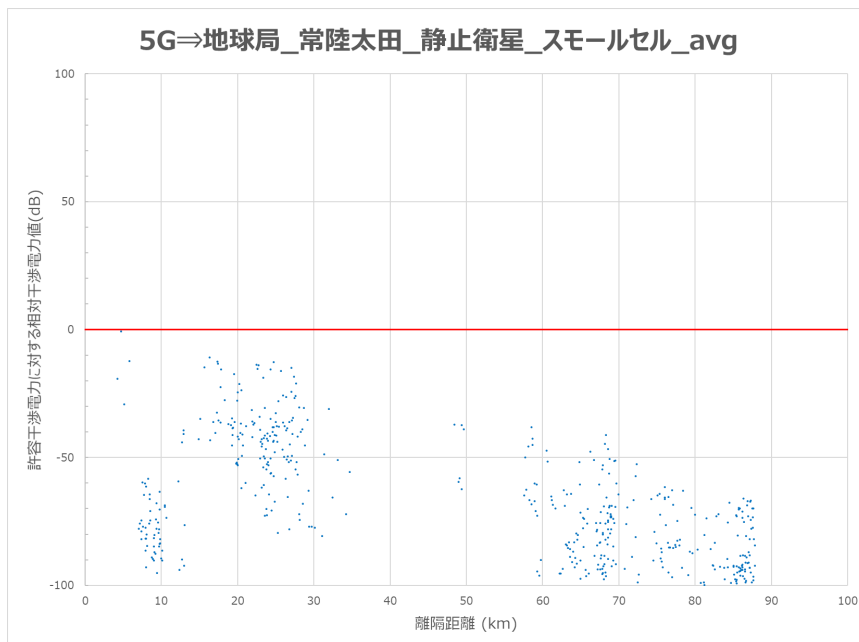
- 地球局の設置場所（常陸太田、種子島、沖縄（2か所）、宮古島、久米島、石垣島）毎に周辺の地形や建物等の情報を考慮した共用検討を実施
- 昼間人口が存在する又は地球局の周囲のメッシュ（500m×500m）に、5Gシステムの基地局を1局ずつ配置
- 伝搬モデルは、勧告ITU-R P.452（時間率20%）を用い、標高に平均建物高を加算したプロファイルを考慮



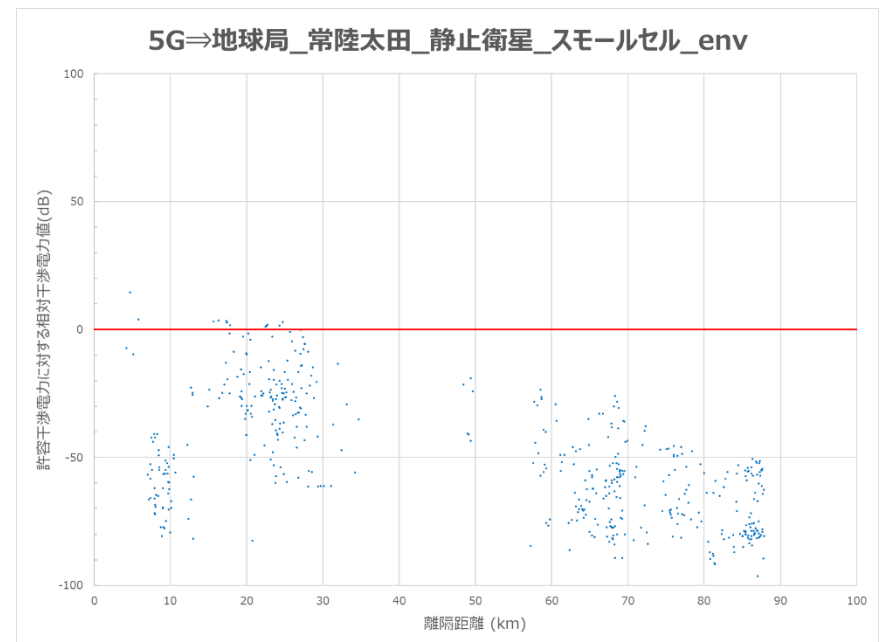
無線航行衛星システムとの共用検討 (隣接帯域)

- 5G基地局から無線航行衛星システムの地球局（対静止衛星）への干渉影響
 - 検討結果から、地球局→5G基地局への干渉に比較して、5G基地局→地球局への干渉の影響が大きいいため、後者の結果を提示（以下同じ）
 - 基地局の空中線指向特性は、平均及び最大パターンを考慮

平均パターン



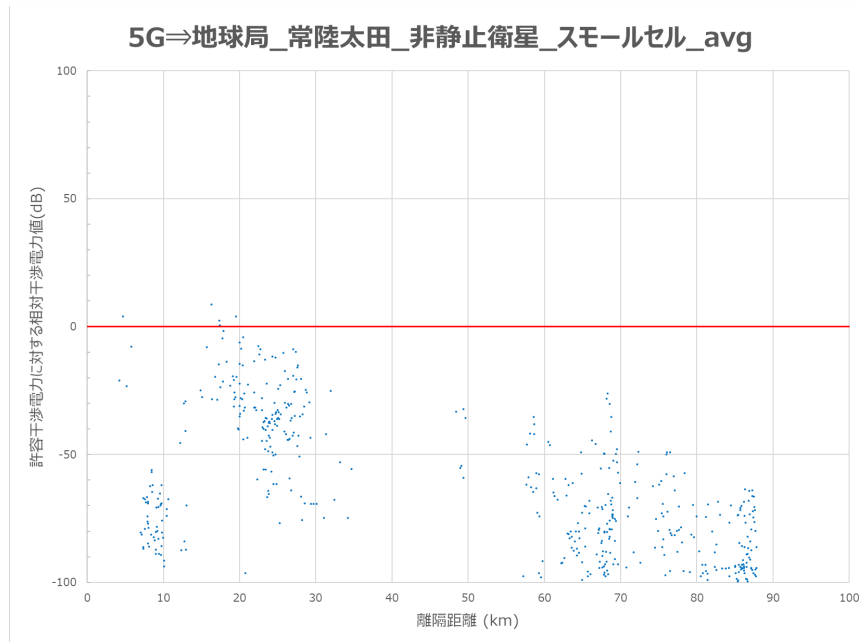
最大パターン



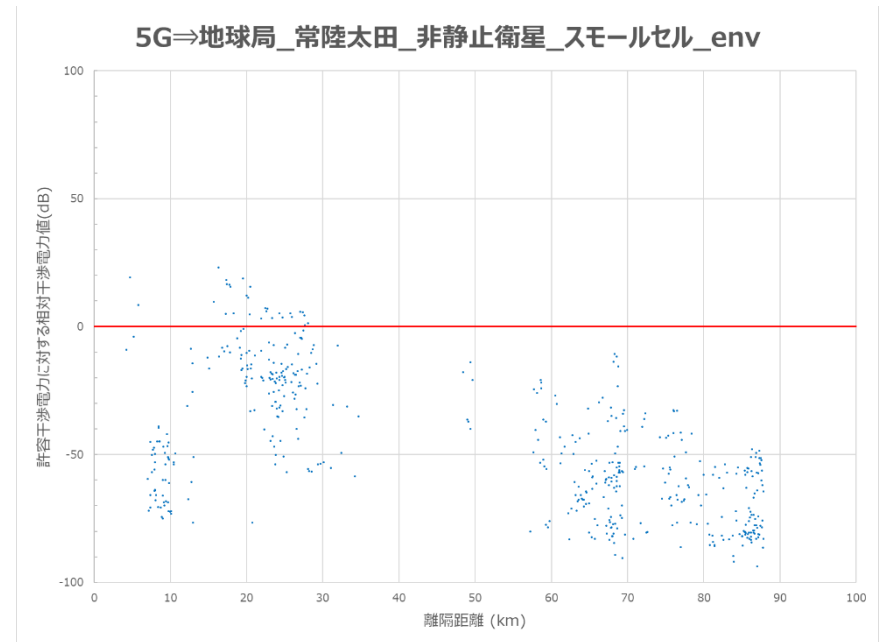
無線航行衛星システムとの共用検討 (隣接帯域)

- 5G基地局から無線航行衛星システムの地球局（対非静止衛星）への干渉影響

平均パターン



最大パターン



無線航行衛星システムとの共用検討 (隣接帯域)

- 5G基地局から無線航行衛星システムの地球局への干渉影響

平均パターン

地球局	地球局の許容干渉電力を超過する最大距離 (km)			
	静止衛星に対向		非静止衛星に対向	
	スモールセル 基地局	マクロセル 基地局	スモールセル 基地局	マクロセル 基地局
常陸太田	該当地点なし	24.7	19.5	29.3
種子島	3.5	14.1	13.2	33.1
沖縄本島①	3.3	17.9	21.2	69.4
沖縄本島②	3.2	18.3	22.2	68.7
久米島	該当地点なし	11.2	7.9	96.5
宮古島	3.3	10.7	10.2	23.9
石垣島	6.3	22.3	25.6	50.9

最大パターン

地球局	地球局の許容干渉電力を超過する最大距離 (km)			
	静止衛星に対向		非静止衛星に対向	
	スモールセル 基地局	マクロセル 基地局	スモールセル 基地局	マクロセル 基地局
常陸太田	24.7	49.6	28.0	68.8
種子島	33.1	33.1	33.1	33.1
沖縄本島①	21.2	69.4	69.3	114.1
沖縄本島②	18.6	68.7	69.3	69.3
久米島	11.2	97.7	94.8	99.6
宮古島	22.5	24.3	23.9	24.3
石垣島	26.7	51.0	49.9	51.0

無線航行衛星システムとの共用検討 (隣接帯域)

5G基地局から無線航行衛星システムの地球局への干渉影響

- 地球局の許容干渉電力を超過する最大離隔距離は、地球局の設置位置及び対向衛星（静止衛星又は非静止衛星）の条件や、5G基地局の種別（スモールセル基地局又はマクロセル基地局）や空中線指向特性（平均パターン又は最大パターン）の条件により異なるが、干渉調整の範囲を決定する上では、5G基地局の種別毎に、最も厳しい条件として、5G基地局の空中線指向特性は最大パターン、地球局の種別としては非静止衛星に対向する場合を考慮することが必要となる
- 実際の5G基地局の不要発射の強度の実力値は、共用検討で用いた値（スモールセル基地局では-16dBm/MHz、マクロセル基地局では-4dBm/MHz）よりも改善が期待できる。不要発射の強度が5dB及び10dB改善した条件において、最大離隔距離をまとめた結果を示す

不要発射の強度が5dB改善

地球局の位置	5G基地局の許容干渉電力を超過する最大距離 (km)	
	スモールセル基地局	マクロセル基地局
常陸太田	27.4	68.6
種子島	22.9	33.1
沖縄本島①	69.3	69.4
沖縄本島②	67.5	69.3
久米島	11.2	99.6
宮古島	23.9	24.3
石垣島	35.2	51.0

不要発射の強度が10dB改善

地球局の位置	5G基地局の許容干渉電力を超過する最大距離 (km)	
	スモールセル基地局	マクロセル基地局
常陸太田	20.5	68.5
種子島	13.2	33.1
沖縄本島①	21.3	69.4
沖縄本島②	22.2	69.3
久米島	11.2	98.4
宮古島	10.2	24.3
石垣島	32.0	51.0

※基地局の空中線指向特性は最大パターン

無線航行衛星システムとの共用検討 (隣接帯域)

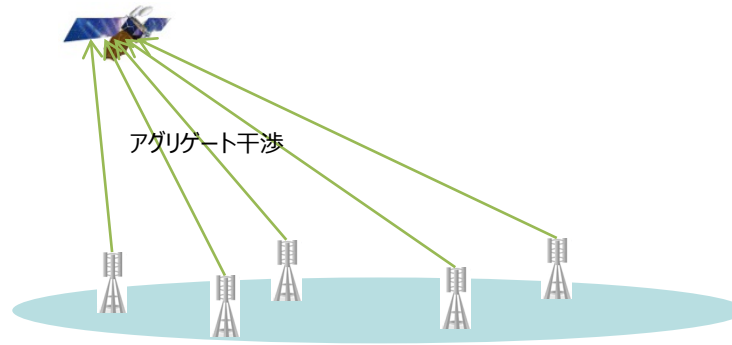
地球局との共用条件のまとめ

- 無線航行衛星システムの地球局から5G基地局への干渉影響に比較して、5G基地局から無線航行衛星システムの地球局への干渉影響がより大きいため、後者の干渉影響に基づいて干渉調整を実施すればよいと考えられる。※陸上移動局の影響はさらに小さい
- 共用検討により導かれた5G基地局からの干渉影響が地球局の許容干渉電力を超過する可能性がある最大離隔距離に基づくと、5G基地局の設置に際して下記に示す範囲での干渉調整を行う必要がある。また、干渉調整に際しては、複数の基地局からのアグリゲート干渉の影響を考慮する必要がある
- 本範囲は、5G基地局の不要発射の強度として、スモールセル基地局では-16dBm/MHz、マクロセル基地局では-4dBm/MHzを考慮したときの値であり、実際の基地局の不要発射の強度の実力値を加味すれば、干渉調整が必要な範囲を低減可能である

地球局の設置場所	スモールセル基地局	マクロセル基地局
常陸太田	30km程度	70km程度
種子島	35km程度 (同一島内)	
沖縄本島	70km程度 (同一島内、伊江島、粟国島)	115km程度 (同一島内、伊江島、粟国島、久米島)
久米島	100km程度 (同一島内、沖縄本島)	
宮古島	25km程度 (同一島内)	
石垣島	50km程度 (同一島内、西表島、波照間島)	

無線航行衛星システムとの共用検討 (隣接帯域)

- 無線航行衛星システムの宇宙局（人工衛星局）との共用検討
 - 5G基地局との共用検討として、宇宙局へのアグリゲート干渉の影響を考慮した共用検討を実施（※宇宙局から5G基地局への干渉影響よりも影響が大きいため）
 - 宇宙局の位置として、静止衛星及び非静止衛星に対して以下を考慮して評価
 - 静止衛星：3つの経度を評価（計3通り）
 - 非静止衛星：国内の7地点にて、宇宙局への距離が最短となる場合、仰角が最小となる場合を評価（計14通り）
 - 5G基地局の設置場所は全国の昼間人口に基づく50,777地点を考慮し、空中線指向特性は、平均パターンを考慮
 - 伝搬モデルは、自由空間伝搬損失に加えて、勧告ITU-R P.2108“Prediction of Clutter Loss”の3.3章（Earth-space and Aeronautical statistical clutter loss model）に基づくクラッタ損の有無を考慮
 - ※クラッタ損はITU-R勧告P2108の10GHz以下への適用結果を踏まえて検討する必要がある



無線航行衛星システムとの共用検討 (隣接帯域)

- 無線航行衛星システムの宇宙局（人工衛星局）との共用検討（続き）
 - 宇宙局の許容干渉電力を満たす設置可能な5G基地局数を算出

対静止衛星

	スモールセル基地局			マクロセル基地局		
	静止衛星 ①	静止衛星 ②	静止衛星 ③	静止衛星 ①	静止衛星 ②	静止衛星 ③
自由空間伝搬損失のみ	23,360局	50,777局以上	19,866局	1,225局	3,410局	1,166局
自由空間伝搬損失 及びクラッタ損	50,777局以上	50,777局以上	50,777局以上	3,984局	5,300局	4,998局

対非静止衛星

		スモールセル基地局		マクロセル基地局	
		距離最短	仰角最小	距離最短	仰角最小
自由空間 伝搬損失のみ	稚内	50,777局以上	5,694局	4,406局	287局
	札幌	50,777局以上	5,998局	3,995局	332局
	東京	50,777局以上	4,219局	3,099局	195局
	大阪	50,777局以上	4,212局	3,016局	195局
	那覇	33,458局	4,243局	1,843局	196局
	石垣島	27,212局	4,276局	1,405局	195局
	父島	39,227局	4,219局	2,234局	195局
自由空間 伝搬損失及び クラッタ損	稚内	50,777局以上	50,773局以上	6,142局	7,617局
	札幌	50,777局以上	49,411局以上	5,764局	11,042局
	東京	50,777局以上	47,464局以上	5,093局	28,077局
	大阪	50,777局以上	47,508局以上	5,046局	28,118局
	那覇	50,777局以上	47,663局以上	4,048局	27,040局
	石垣島	50,777局以上	47,804局以上	3,298局	26,239局
	父島	50,777局以上	47,471局以上	4,574局	27,749局

無線航行衛星システムとの共用検討 (隣接帯域)

- 無線航行衛星システムの宇宙局（人工衛星局）との共用検討（続き）
 - 実際の5G基地局の不要発射の強度の実力値は、共用検討で用いた値（スモールセル基地局では-16dBm/MHz、マクロセル基地局では-4 dBm/MHz）よりも改善が期待できる。不要発射の強度が5 dB及び10dB改善した条件での評価結果は以下の通り

宇宙局の許容干渉電力を満たす設置可能な5G基地局数（最小となる条件）

	スモールセル基地局		マクロセル基地局	
	自由空間 伝搬損失のみ	自由空間 伝搬損失及び クラッタ損	自由空間 伝搬損失のみ	自由空間 伝搬損失及び クラッタ損
基地局の不要発射の強度：スモールセル基地局-16dBm/MHz、マクロセル基地局-4 dBm/MHz				
静止衛星	19,866局	50,777局以上	1,166局	3,984局
非静止衛星	4,212局	47,464局以上	195局	3,298局
基地局の不要発射の強度：上記よりも5 dB改善				
静止衛星	50,777局以上	50,777局以上	3,535局	12,705局
非静止衛星	13,542局	47,464局以上	635局	11,042局
基地局の不要発射の強度：上記よりも10dB改善				
静止衛星	50,777局以上	50,777局以上	10,930局	39,322局
非静止衛星	40,726局	47,464局以上	2,104局	34,813局

無線航行衛星システムとの共用検討 (隣接帯域)

- 宇宙局（人工衛星局）との共用条件のまとめ
 - 複数の5G基地局からのアグリゲート干渉が宇宙局の許容干渉電力を超過しないようにするため、5G基地局の設置数の管理を行う必要がある
 - マクロセル基地局の場合は、宇宙局と見通しになる位置関係に設置すると、設置可能な基地局数が200局程度に制限される（基地局の不要発射の強度が-4 dBm/MHzの場合）。より多くの5G基地局数を設置可能とするためには、基地局の不要発射の強度が改善するスモールセル基地局を利用すること、基地局の不要発射の強度に制限を設けること（この場合、5Gシステムが利用する周波数と無線航行衛星システムが利用する周波数の間にガードバンドを設けることが望ましい）、上空方向への基地局の空中線利得が小さくなるようにすること、等の対策が必要である
 - なお、5Gシステムの陸上移動局と無線航行システムの宇宙局との間の干渉影響は、基地局の場合に比較して小さいため、上記の5Gシステムの基地局から無線航行システムの宇宙局への干渉影響に関わる共用条件を満たしていれば、5Gシステムの陸上移動局についても共用可能であると考えられる