

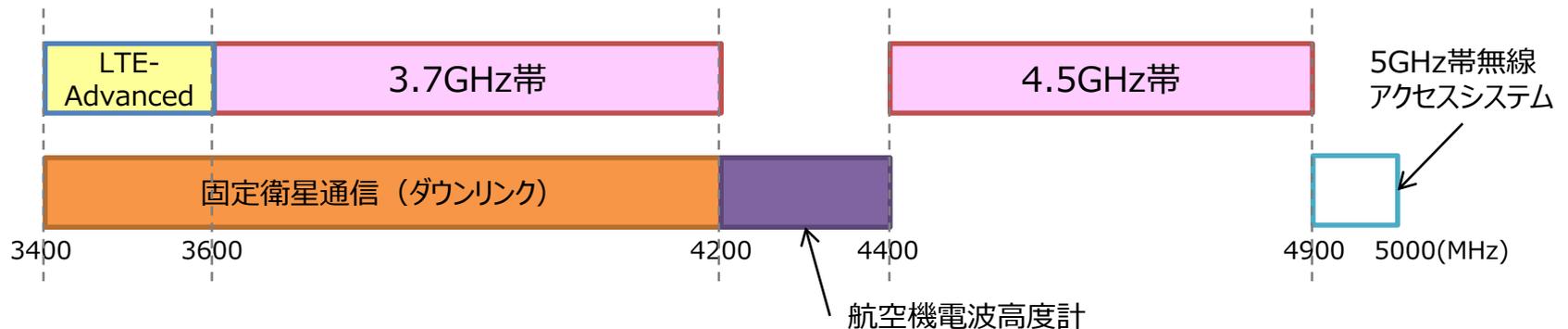
3.7GHz帯, 4.5GHz帯, 28GHz帯における 5G導入に係る周波数共用検討

(株) NTTドコモ
2018年3月30日

3.7GHz帯, 4.5GHz帯の検討

共用検討対象の無線通信システム

- 共用検討対象の無線通信システムは以下の通りである



候補周波数	対象システム	同一／隣接	与干渉→被干渉
3.6-4.2GHz (3.7GHz帯)	固定衛星通信 (ダウンリンク)	同一周波数	5G→地球局等
	航空機電波高度計	隣接周波数	5G→電波高度計 電波高度計→5G
	LTE-Advanced	隣接周波数	5G→LTE-Advanced LTE-Advanced→5G
	5G	隣接周波数	5G→5G
4.4-4.9GHz (4.5GHz帯)	航空機電波高度計	隣接周波数	5G→電波高度計 電波高度計→5G
	5GHz帯無線アクセスシステム	隣接周波数	5G→5GHz帯無線アクセスシステム 5GHz帯無線アクセスシステム→5G
	5G	隣接周波数	5G→5G

固定衛星通信（ダウンリンク）の 地球局等との検討

地球局等*との共存に関する前提条件

- 地球局等との共存を、同一周波数で実現する必要があるため、「地球局等に対する基地局及び陸上移動局からの信号レベルが十分小さくなる条件でのみ基地局を設置する」との条件が必要
- 具体的な基地局の設置条件は、基地局と地球局等との「位置関係（地形、周辺建物の状況含む）」、「空中線高や指向方向の設置条件」などに依存
- より多くの基地局設置を行うためには、下記を考慮することが必要
 - 低出力・低アンテナ高のsmallセル基地局や屋内基地局の活用
 - 地球局等が存在する方向への基地局の空中線利得の低減
 - 地球局等への干渉電力レベルが大きい場所への基地局設置の回避
 - 地形や建物による遮蔽効果を見込んだ干渉計算の実施 等

*3.6-4.2GHzの周波数における地球局の免許人が運用する「地球局」及び「受信専用設備」（以下、「地球局等」という）

地球局等との共用検討の概要

- **基地局設置の需要が高いと想定される三大都市圏（首都圏、中京圏、近畿圏）において、地球局等との共存を実現しつつ、どの程度の基地局数が設置可能かを評価**
 - － 三大都市圏のエリア内で、昼間人口の多いメッシュ（500m×500m）に順次基地局を1局ずつ設置していき、基地局からの干渉電力が地球局等の許容干渉電力未滿となる基地局数を算出
- 三大都市圏の中には、いくつかの地球局等が既に設置・運用されていることから、共用の可能性がより高いと想定される**スモールセル基地局（低出力、低アンテナ高）のパラメータを用いて設置可能な基地局数を算出**
 - － なお、スモールセル基地局によるエリア展開は、都市部等の人が多く集まるエリアにおいて、小セル化によるトラヒック対策として効果的な手法
- また5Gのエリア展開については、マクロセル基地局が必要なケースもあると考えられるため、**どの程度の離隔距離を確保すればマクロセル基地局と地球局等の共存が可能かについての評価を併せて実施**
 - － 本資料では首都圏での結果を提示（中京・近畿圏での評価を併せて実施中）

スモールセル基地局を用いた場合の評価

- 三大都市圏の昼間人口が多いメッシュにスモールセル基地局を1局ずつ順次設置し、**複数の基地局からの累積干渉電力（アグリゲート干渉）が地球局等の許容干渉電力（長時間干渉基準）未満となる基地局数を算出**
- ただし昼間人口順に単純に基地局を設置していただくだけでは、設置基地局数が少ない段階で許容干渉電力を超過してしまうため、以下の工夫を実施
 - 昼間人口の多い順にメッシュを選択
 - 当該メッシュに基地局を配置したとき、評価対象エリアの各地球局等における干渉電力を計算し、すべての地球局等において、一定のしきい値以下の干渉電力である場合のみ基地局を配置
 - しきい値としては、地球局等の許容干渉電力（長時間干渉基準）が -135dBm/MHz 程度であることを踏まえ、 -140dBm/MHz 、 -150dBm/MHz 、 -160dBm/MHz について検討
 - 以上を繰り返し、地球局等における累積干渉電力が許容干渉電力（長時間干渉基準）未満となる最大の基地局数を算出

首都圏における評価結果（スモールセル基地局）

- 首都圏の17地球局等*を考慮した上で、設置可能なスモールセル基地局数を算出

*常設ではなく、将来にわたり不定期に短期間開設される可能性があるもの、予定／計画中的のものを含む

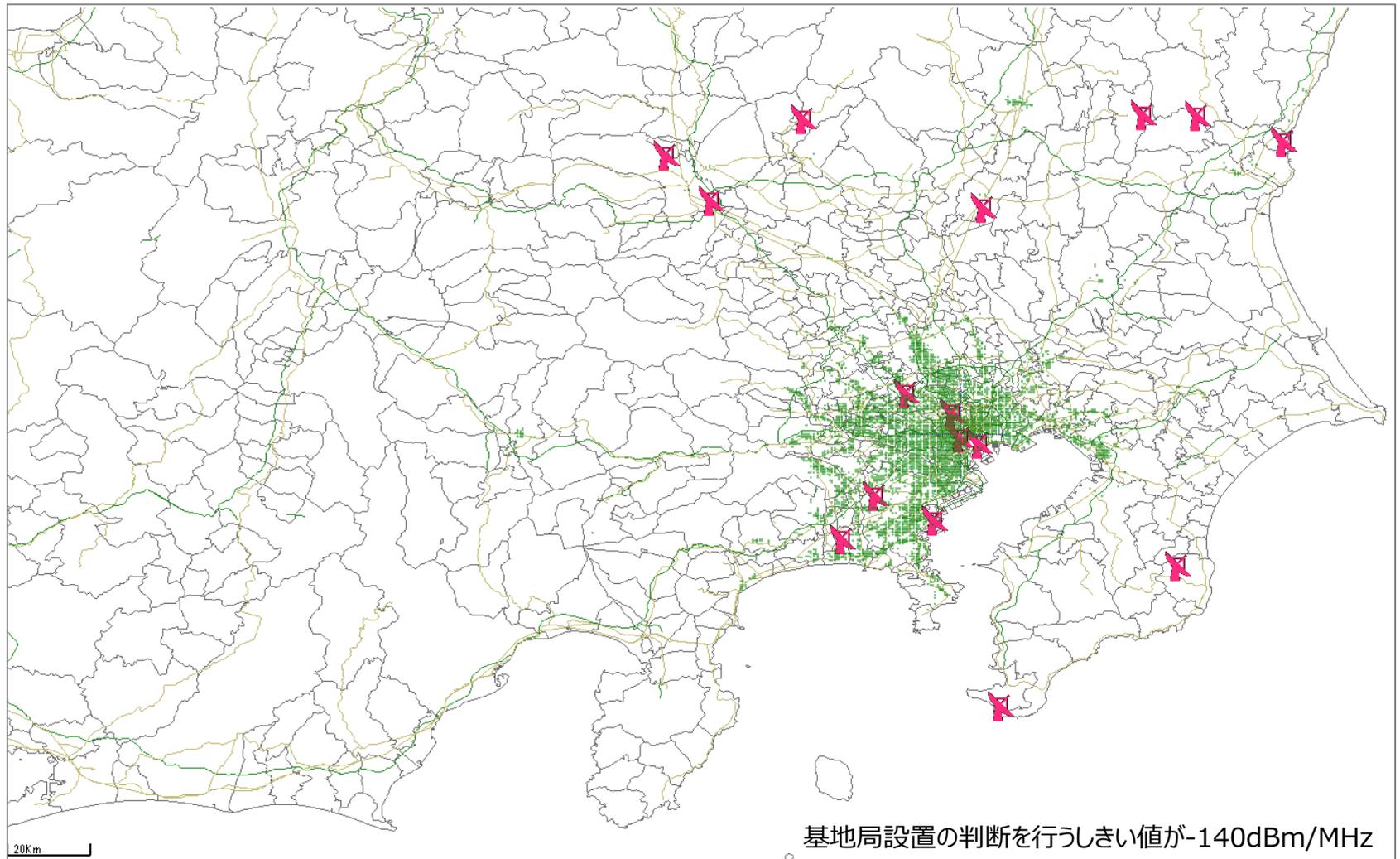
		基地局設置の判断を行うしきい値（注1）			参考：準備したメッシュ数
		-140dBm/MHz	-150dBm/MHz	-160dBm/MHz	
設置可能なスモールセル基地局数（注2）		4,930局	8,121局	4,948局	14,242
許容干渉電力に対するマージン		0dB	5.7dB	16.1dB	—
メッシュ内 昼間人口 別の内訳	10,000人～	181局	160局	94局	204
	5,000～10,000人	333局	259局	133局	414
	3,000～5,000人	756局	517局	232局	966
	1,000～3,000人	3,660局	3,900局	1,953局	7,584
	500～1,000人	0局	1,610局	1,094局	2,824
	300～500人	0局	428局	363局	545
	100～300人	0局	296局	232局	432
	～100人	0局	951局	847局	1,273

（注1）基地局のビームフォーミングアンテナ特性の最大パターンを用いて各基地局からの地球局等に対する干渉電力を計算し、これらのしきい値と比較。複数の基地局からの干渉電力の累積は、同平均パターンで計算される値を用い、地球局等の許容干渉電力（長時間干渉基準）と比較

（注2）地球局等の許容干渉電力（短時間干渉基準）を満たすかを併せて評価して、設置可能な基地局数を算出

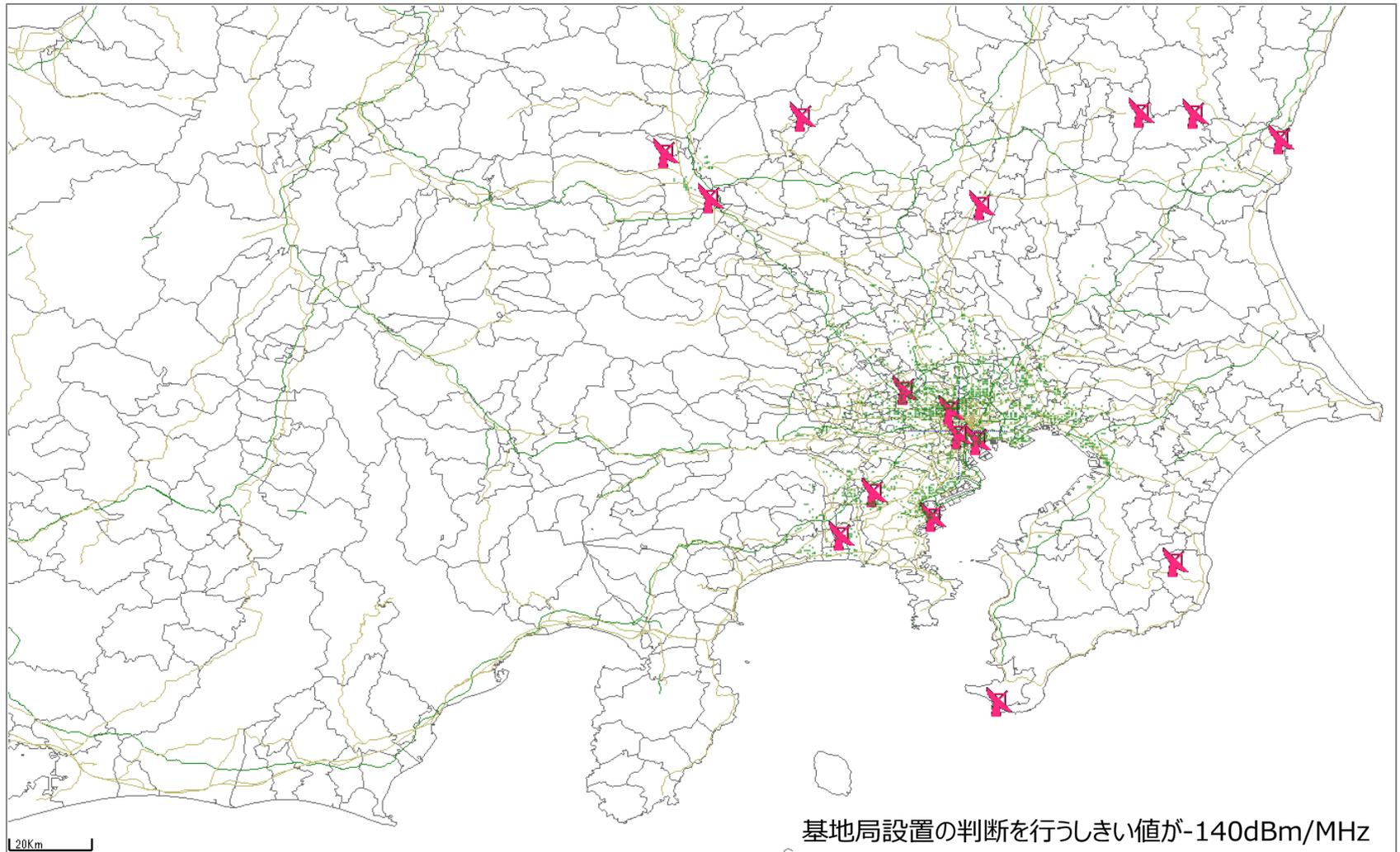
首都圏における評価結果（スモールセル基地局）

- 17地球局等（赤色）を考慮した上で、**設置可能性のあるメッシュ**（緑色）



首都圏における評価結果（スモールセル基地局）

- 17地球局等（赤色）を考慮した上で、**設置を回避したメッシュ**（緑色）



首都圏における評価結果（スモールセル基地局）

<陸上移動局からの干渉影響について>

- 前頁までの評価は、地球局等の許容干渉電力を満たせば、基地局を設置可能と判断しているが、**地球局等の近くに設置される基地局では、当該基地局に接続する陸上移動局からの干渉電力を無視できないケースがある**
 - 例：①基地局と地球局等との間の電波伝搬は建物で遮蔽される一方、陸上移動局と地球局等との間は遮蔽されていないケース、②地球局等の方向に対して、基地局の空中線はバックローブを向いているが、陸上移動局は正面を向いているケース、等
- **陸上移動局からの干渉電力を無視できないケースを想定し、各地球局等の周囲を基地局設置禁止エリアとすると、設置可能な基地局数は減少する**
 - 下表は、スライド8の結果から、設置禁止エリア内の基地局数を単純に減算することで算出
 - （注1）設置禁止エリア内の配置可能基地局数を減算することによる別エリアでの追加の基地局設置は未考慮
 - （注2）地球局等の設置場所に応じて設置禁止エリアの大きさを最適化する等の精査が必要
 - （注3）なお、半径15kmは、いくつかの地球局等に対する個別の検討結果から、陸上移動局1局からの干渉電力が、地球局等の許容干渉電力（長時間干渉基準）に比較して、概ね10dB程度低い条件となる距離として算出。15km、10dB等の値の妥当性は、地球局等へ及ぼす干渉電力分布の分散、干渉電力が同時に大きくなる陸上移動局数、等を踏まえて精査が必要

前頁の設置可能 基地局数	地球局等周囲の基地局設置禁止エリアを設けた場合の設置可能基地局数		
	半径10km	半径15km	半径20km
4,930局	2,544局	1,197局	699局

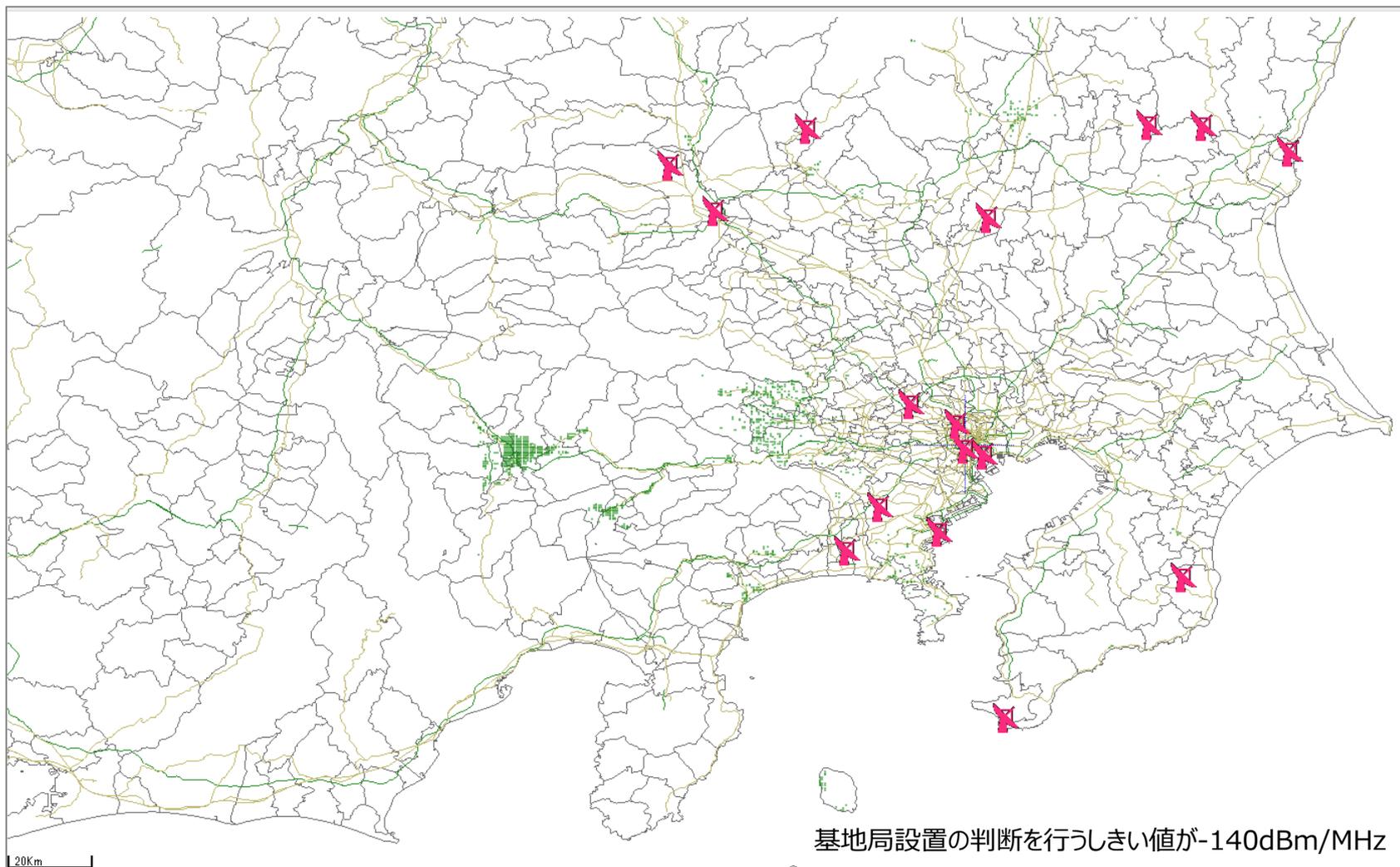
首都圏における評価結果（スモールセル基地局）

<陸上移動局からの干渉影響について>

- 前頁の地球局等の周囲に設ける基地局設置禁止エリアの大きさは、地球局等の設置場所に応じて異なると考えられるため、地球局等毎の評価を踏まえた検討が必要である
- 複数の陸上移動局からのアグリゲート干渉の影響を考慮するための検討方法／考え方を整理する必要がある

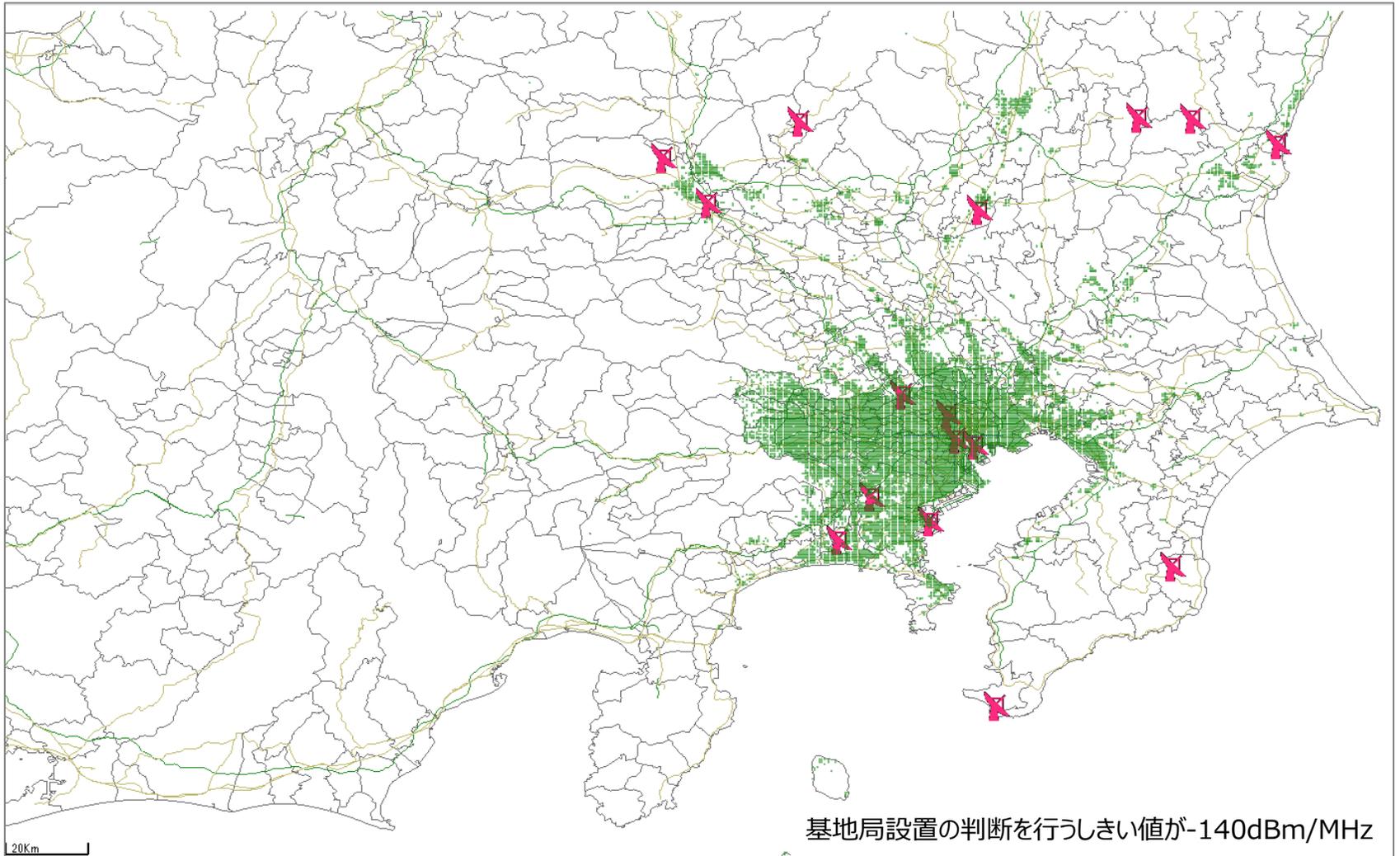
首都圏における評価結果（マクロセル基地局）

- スモールセル基地局と同じ手法で、マクロセル基地局の場合の検討を実施
- 17地球局等（赤色）を考慮した上で、**設置可能性のあるメッシュ**（緑色）



首都圏における評価結果（マクロセル基地局）

- 17地球局等（赤色）を考慮した上で、**設置を回避したメッシュ**（緑色）
 - 地球局等の設置状況から、首都圏中心部でのマクロセル基地局の設置は難しい



中京・近畿圏における評価結果 (スモールセル基地局)

- 首都圏と同じ手法によるスモールセル基地局に対する評価結果
 - － 中京・近畿圏の4地球局等を考慮

		基地局設置の判断を行うしきい値 (注1)			参考： 準備したメッシュ数
		-140dBm/MHz	-150dBm/MHz	-160dBm/MHz	
設置可能スモールセル基地局数 (注2)		14,102局	13,681局	12,383局	15,011
許容干渉電力に対するマージン		0.1dB	5.2dB	13.7dB	－
メッシュ内 昼間人口 別の内訳	10,000人～	75局	73局	68局	75
	5,000～10,000人	155局	153局	139局	159
	3,000～5,000人	552局	524局	460局	568
	1,000～3,000人	5,916局	5,698局	5,043局	6,356
	500～1,000人	5,825局	5,697局	5,256局	6,232
	300～500人	1,021局	997局	918局	1,046
	～300人	558局	539局	499局	575

(注1) 基地局のビームフォーミングアンテナ特性の最大パターンを用いて各基地局からの地球局等に対する干渉電力を計算し、これらのしきい値と比較。複数の基地局からの干渉電力の累積は、同平均パターンで計算される値を用い、地球局等の許容干渉電力（長時間干渉基準）と比較

(注2) 地球局等の許容干渉電力（短時間干渉基準）を満たすかを併せて評価して、設置可能な基地局数を算出

- 首都圏の評価と同様に、陸上移動局の影響評価、マクロセル基地局に対する評価を実施中

地球局等の共存で留意すべき事項

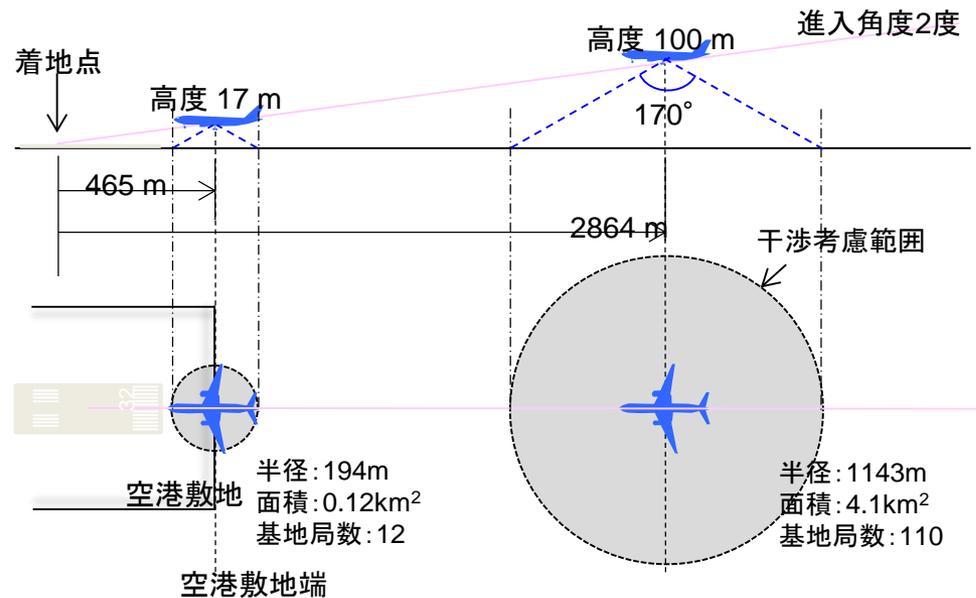
- 国内には免許人等が運用する地球局等だけではなく、衛星受信用機材を自ら設置している受信専用設備もあり、これらの設備への干渉影響に留意する必要がある
 - 放送事業者やその関連事業者が、受信専用設備を設置して素材収集等、事業用に衛星放送サービスを利用しているケース
 - 一般ユーザが、国内外の衛星が配信する情報（衛星放送サービスやHimawariCastサービス）を受信しているケース

航空機電波高度計との検討

電波高度計との共用検討の概要

<評価 1>

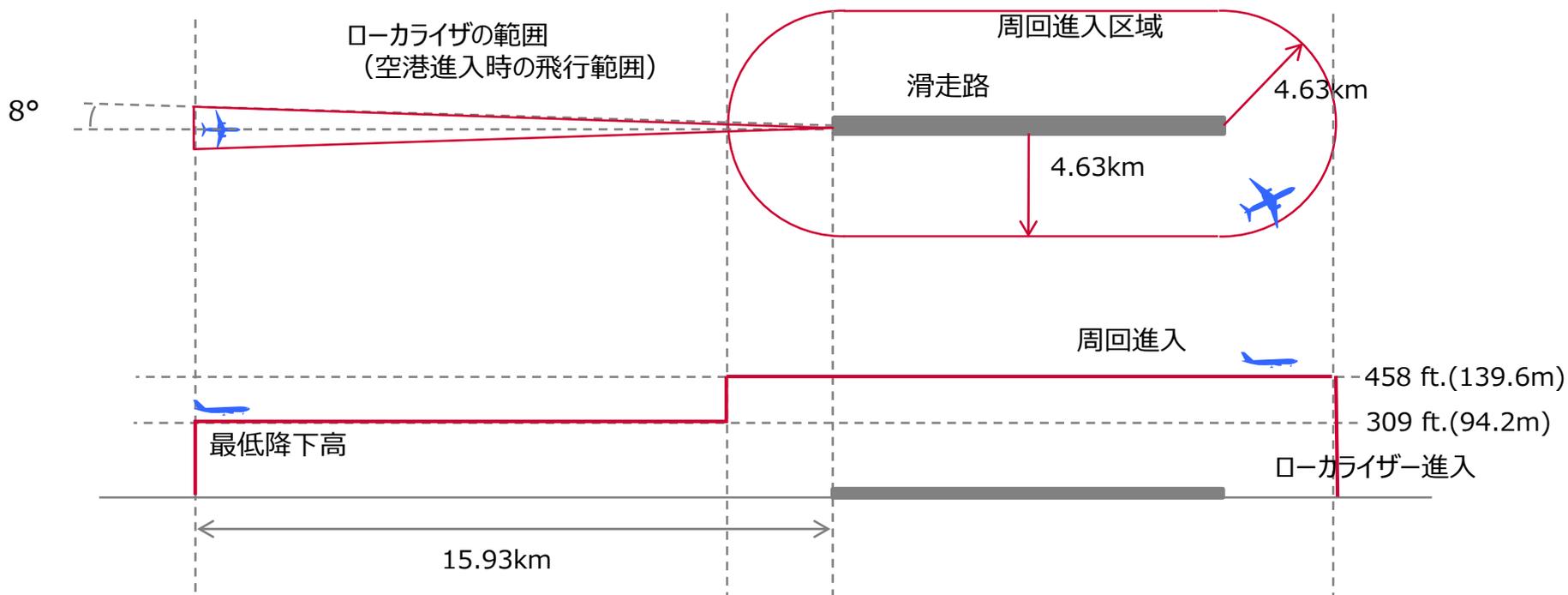
- 航空機が、計器進入方式による精密進入を用いて、空港に進入角度2度で直線進入するケース
 - 基地局が密集して設置されている都市部に空港があるケースをモデル化して評価



電波高度計との共用検討の概要

<評価2>

- 精密進入の場合よりも、より空港から離れたエリアで低高度で航空機が侵入するケース（ローカライゼーション進入：高度約95m、周回侵入：高度約140m）
 - 基地局の設置密度として4種類のケースをモデル化して評価



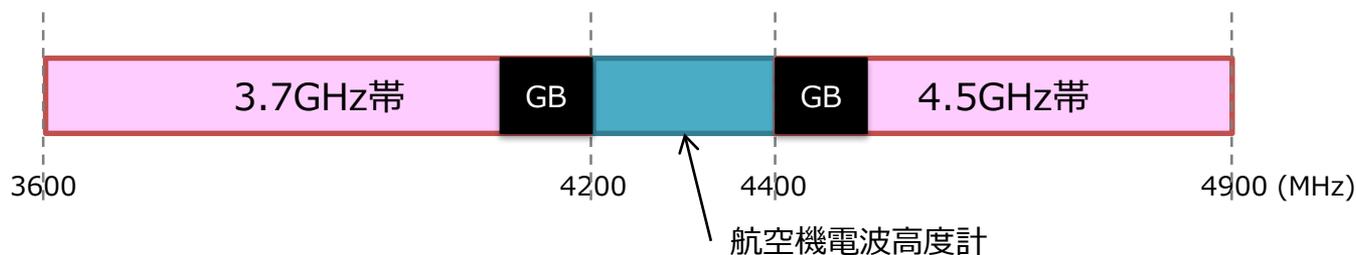
電波高度計との共用検討の評価結果

- 基地局のビームフォーミングアンテナ特性として、平均パターンと最大パターンを考慮
- 帯域内干渉、帯域外干渉の各干渉基準に対する所要改善量を算出

進入形態	基地局 設置密度	高度	所要改善量（ガードバンド幅0MHzの場合）			
			帯域内干渉		帯域外干渉	
			平均パターン	最大パターン	平均パターン	最大パターン
精密進入	逼迫	17m	31.2dB	58.2dB	-1.2dB	26.9dB
		50m	18.7dB	39.5dB	-13.7dB	7.1dB
		200m	14.9dB	38.2dB	-15.7dB	6.5dB
		500m	13.1dB	38.1dB	-14.7dB	6.5dB
ローカ ライザ 進入	逼迫	94.2m	19.4dB	43.2dB	-13.3dB	10.9dB
	都市部		31.5dB	58.1dB	10.1dB	36.7dB
	都市圏		31.5dB	58.1dB	10.1dB	36.7dB
	全国		31.5dB	58.1dB	10.1dB	36.7dB
周回進入	逼迫	142.6m	18.3dB	42.6dB	-12.8dB	10.6dB
	都市部		26.5dB	52.9dB	5.1dB	31.4dB
	都市圏		26.5dB	52.9dB	5.1dB	31.4dB
	全国		26.5dB	52.9dB	5.1dB	31.4dB

電波高度計との共用検討の評価結果

- 前頁で算出した所要改善量を解消するためには、以下の特性を考慮した上で、**ガードバンドを設ける対策が必要**
 - 帯域内干渉の改善：基地局の不要発射の強度（含、送信フィルタ特性）
 - 帯域外干渉の改善：電波高度計の受信フィルタ特性



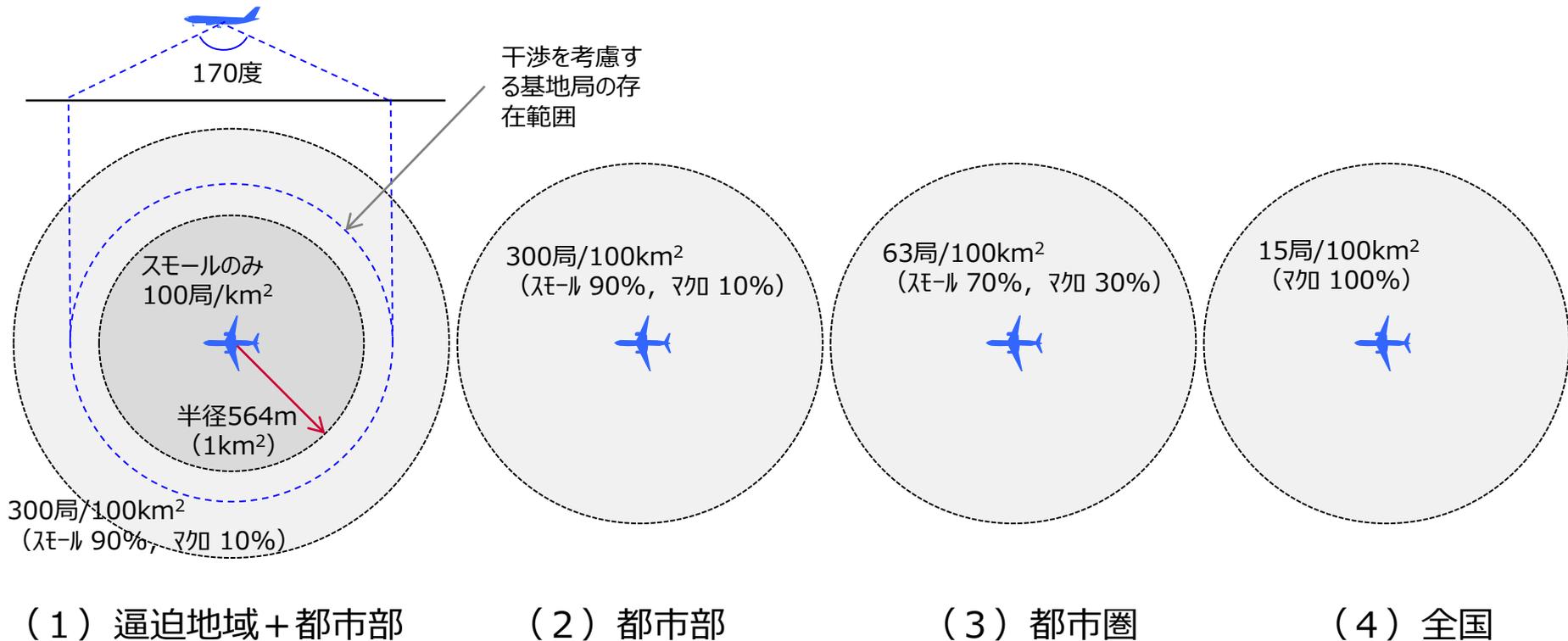
- 基地局のビームフォーミングアンテナの指向特性における平均パターン、最大パターンの適用は、以下を考慮すると、**平均パターンの方がより現実に近い干渉条件をモデル化していると想定**
 - 基地局のビームフォーミングアンテナの指向特性は、陸上移動局の位置に応じて動的に変動していること
 - 航空機は移動しており、航空機の方角の基地局の空中線利得は動的に変動すること

電波高度計との共用検討（追加検討）

- ヘリコプターがヘリポートに着陸するケースを想定した検討を追加で実施中
- 上記の検討を踏まえた上で、**具体的なガードバンド幅を算出する予定**

(参考) 基地局の設置密度の想定

- 基地局配置は、下記の4パターンで検討
- アグリゲート干渉の算出に当たっては、航空機からの鉛直方向を中心に片側85度（両側170度）の角度範囲に入る基地局を考慮

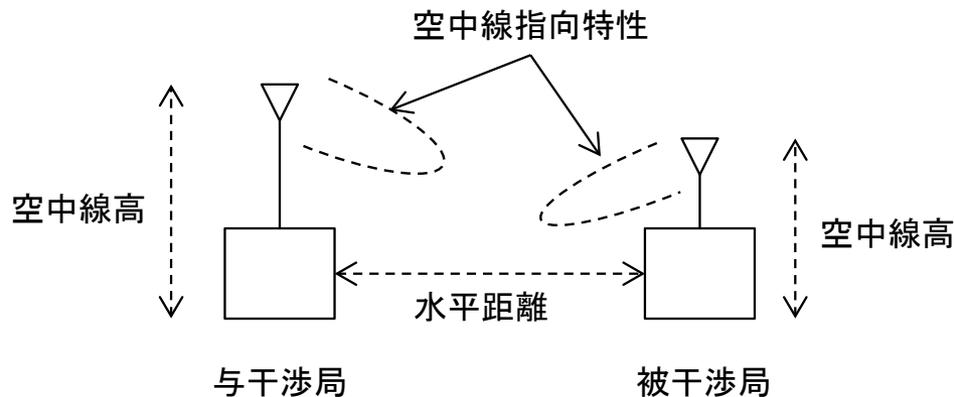


5GHz帯無線アクセスシステム との検討

5GHz帯無線アクセスシステムとの共用検討の概要

<基地局との検討>

- 1対1対向モデルを用いて検討を実施
 - 与干渉局と被干渉局の間の離隔距離を考慮し、許容干渉レベルに対する所要改善量を算出
 - 空中線高、離隔距離に応じた空中線指向特性を考慮
- 基地局のビームフォーミングアンテナの指向特性として、平均パターンと最大パターンを用いた計算を実施



(注) 5GHz帯無線アクセスシステムが実際に利用する周波数は4.91GHz以上であり、4.9-4.91GHzの10MHz幅はガードバンドとして利用可能

5GHz帯無線アクセスシステムとの共用検討結果

＜基地局から5GHz帯無線アクセスシステムへの干渉検討の結果＞

与干渉局	被干渉局	所要改善量	
		帯域内干渉	帯域外干渉
マクロセル基地局	5GHz帯無線アクセスシステム	70dB程度	40～50dB程度
スモールセル基地局	5GHz帯無線アクセスシステム	65dB程度	20～30dB程度

- 上記の所要改善量は、基地局の空中線及び5GHz帯無線アクセスシステムの空中線の最大利得がお互いに正対している条件で算出。実際の設置条件における両システムの空中線指向特性を考慮すれば、所要改善量は改善
 - 例えば、5GHz帯無線アクセスシステムでは、最大利得を含むメインローブ方向を避ければ、空中線利得（水平面）が20～30dB程度低減、基地局も空中線の正面方向を避ければ、空中線利得（水平面）が20～30dB程度低減
- 基地局の不要発射の強度の実力値（数～10dB程度改善）、5GHz帯無線アクセスシステムの許容干渉電力の実力値（10dB程度改善）を考慮すれば、所要改善量は改善
- 以上を考慮すると、帯域内干渉、帯域外干渉とも所要改善量を0dB以下にすることができ、**共用可能である**

5GHz帯無線アクセスシステムとの共用検討結果

<5GHz帯無線アクセスシステムから基地局への干渉検討の結果>

与干渉局	被干渉局	所要改善量	
		帯域内干渉	帯域外干渉
5GHz帯無線アクセスシステム	マクロセル基地局	27～32dB程度	30dB程度
5GHz帯無線アクセスシステム	スモールセル基地局	24～29dB程度	25dB程度

- 上記の所要改善量は、基地局の空中線及び5GHz帯無線アクセスシステムの空中線の最大利得がお互いに正対している条件で算出。実際の設置条件における両システムの空中線指向特性を考慮すれば、所要改善量は改善
 - 例えば、5GHz帯無線アクセスシステムでは、最大利得を含むメインローブ方向を避ければ、空中線利得（水平面）が20～30dB程度低減、基地局も空中線の正面方向を避ければ、空中線利得（水平面）が20～30dB程度低減
- 5G無線アクセスシステムの不要発射の強度の実力値（10～20dB程度改善）を考慮すれば、所要改善量は改善
- 以上を考慮すると、帯域内干渉、帯域外干渉とも所要改善量を0dB以下にすることができ、**共用可能である**

5GHz帯無線アクセスシステムとの共用検討結果

<陸上移動局との干渉検討の結果>

- モンテカルロシミュレーションを用いて検討を実施

与干渉局	被干渉局	所要改善量	
		帯域内干渉	帯域外干渉
陸上移動局	5GHz帯無線アクセスシステム	最大6dB程度	0dB以下
5GHz帯無線アクセスシステム	陸上移動局	最大10dB程度	0dB以下

- 帯域内干渉について、5GHz帯無線アクセスシステムの許容干渉電力の実力値（10dB程度改善）や、不要発射の強度の実力値（10～20dB程度改善）を考慮すると、所要改善量を0dB以下とすることができる
- 以上を考慮すると、帯域内干渉、帯域外干渉とも所要改善量を0dB以下にすることができ、**共用可能である**

LTE-Advancedシステム、 5Gシステムとの検討

LTE-Advancedシステムとの共用検討概要

- 3.7GHz帯、4.5GHz帯を利用する5Gシステムの標準仕様は、TDDを用いる複信方式のみの検討が進められている
- したがって、3.5GHz帯のTDDを用いるLTE-Advancedシステムと3.7GHz帯のTDDを用いる5Gシステムの間で**ネットワーク同期***を実現すれば、**ガードバンド0MHzにより共用可能である**
 - *各システムが利用する下り／上りリンクの時間比率を同じ割合に設定し、その送受信タイミングを時間的に同期させる
- 一方、LTE-Advancedシステムとは異なる下り／上りリンクの時間比率を5Gシステムで用いる場合には、両システムが非同期運用となり、陸上移動局間干渉や基地局間干渉が発生する
- これらの干渉影響を回避／軽減するためには、隣接する周波数を用いるLTE-Advancedシステムと5Gシステムの境界部分に、ガードバンドを設けることが必要になる
- **非同期運用における具体的かつ現実的なガードバンド幅を算出するためには、基地局や陸上移動局の不要発射の強度に関する実力値等の情報が必要**になる

5Gシステムとの共用検討概要

- 3.7GHz帯、4.5GHz帯へ5Gシステムを導入する場合、各周波数帯の中で複数の5Gシステムが運用される可能性があるため、隣接周波数における両システムの共存を考慮する必要がある
- LTE-Advancedシステムに対する場合と同様に、TDD同士の5Gシステムを隣接周波数で運用する際に**ネットワーク同期を実現すれば、ガードバンド0MHzにより共用可能である**
- 一方、複数の5Gシステムが異なる下り／上りリンクの時間比率を用いる場合には、両システムが非同期運用となり、陸上移動局間干渉や基地局間干渉が発生する
- これらの干渉影響を回避／軽減するためには、隣接する周波数を用いる5Gシステムの境界部分に、ガードバンドを設けることが必要になる。
- **非同期運用における具体的かつ現実的なガードバンド幅を算出するためには、基地局や陸上移動局の不要発射の強度に関する実力値等の情報が必要**になる

3.7GHz帯, 4.5GHz帯の 検討結果まとめ

3.7GHz帯の検討結果まとめ

候補周波数	対象システム	同一／隣接	検討結果概要
3.6-4.2GHz (3.7GHz帯)	固定衛星通信 (ダウンリンク)	同一周波数	<ul style="list-style-type: none"> 同一周波数で共用を実現する必要があるため、「地球局等に対する基地局及び陸上移動局からの信号レベルが十分小さくなる条件でのみ基地局を設置する」との条件が必要である 上記を踏まえると、首都圏の中心部では、スモールセル基地局による設置に概ね制限される。またスモールセル基地局でも、地球局等の設置場所にもよるが、数km～数10km^(注1)の離隔を取って設置を行う必要がある マクロセル基地局の展開は、首都圏の中心部では難しく、地球局等の設置場所から数10km以上の離隔を取って設置を行う必要がある 免許人等が運用する地球局等だけでなく、放送事業者や一般ユーザが利用する受信専用設備が存在することに留意する必要がある
	航空機電波高度計	隣接周波数	<ul style="list-style-type: none"> ガードバンドを設ければ、共用可能（マクロセル基地局、スモールセル基地局とも設置制限はない） ※具体的なガードバンド幅を精査中
	LTE-Advanced	隣接周波数	<ul style="list-style-type: none"> 隣接周波数で運用する際にネットワーク同期を実現すれば、ガードバンド0MHzにより共用可能 非同期運用における具体的かつ現実的なガードバンド幅を算出するためには、基地局や陸上移動局の不要発射の強度に関する実力値等の情報が必要
	5G	隣接周波数	

(注1) 必要な離隔距離の大きさは、地球局等の設置場所や、陸上移動局の送信（上り送信）の有無に依存する（継続検討中）

4.5GHz帯の検討結果まとめ

候補周波数	対象システム	同一／隣接	検討結果概要
4.4-4.9GHz (4.5GHz帯)	航空機電波高度計	隣接周波数	<ul style="list-style-type: none"> ガードバンドを設ければ、共用可能（マクロセル基地局、スモールセル基地局とも設置制限はない） ※具体的なガードバンド幅を精査中
	5GHz帯無線 アクセスシステム	隣接周波数	<ul style="list-style-type: none"> 空中線の指向方向の調整、装置の実力値等を考慮すれば、共用可能（マクロセル基地局、スモールセル基地局とも設置制限はない） ※4.9-4.91GHzの10MHzをガードバンドとして確保可能
	5G	隣接周波数	<ul style="list-style-type: none"> 隣接周波数で運用する際にネットワーク同期を実現すれば、ガードバンド0MHzにより共用可能 非同期運用における具体的かつ現実的なガードバンド幅を算出するためには、基地局や陸上移動局の不要発射の強度に関する実力値等の情報が必要

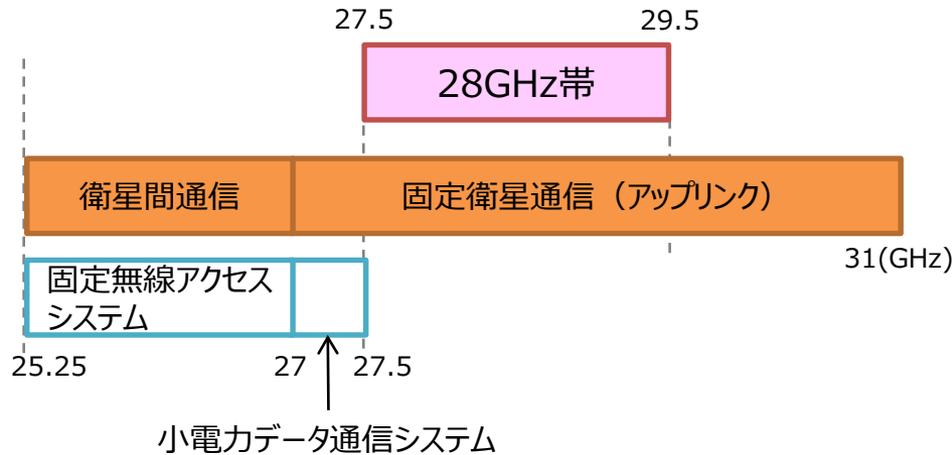
今後検討する項目

- 陸上移動局からの干渉を影響を考慮した地球局等の周囲における基地局設置禁止エリアの設定方法の考え方 (3.7GHz帯)
- 航空機電波高度計との共用を実現するためのガードバンド幅の明確化 (3.7GHz帯、4.5GHz帯)

28GHz帯の検討について

共用検討対象の無線通信システム

- 共用検討対象の無線通信システムは以下の通りである

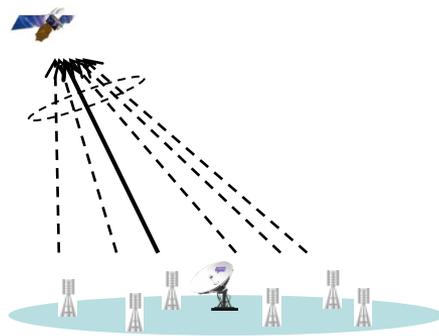


候補周波数	対象システム	同一／隣接	与干渉→被干渉
27.5-29.5GHz (28GHz帯)	固定衛星通信 (アップリンク)	同一周波数、隣接周波数	5G→人工衛星局 (固定衛星アップリンク受信) 地球局 (衛星アップリンク送信) →5G
	衛星間通信	隣接周波数	5G→人工衛星局 (衛星間通信アップリンク受信) 地球局 (衛星アップリンク送信) →5G
	小電力データ通信システム	隣接周波数	5G→小電力データ通信システム 小電力データ通信システム→5G
	固定無線アクセスシステム	隣接周波数	5G→固定無線アクセスシステム 固定無線アクセスシステム→5G
	5G	隣接周波数	5G→5G

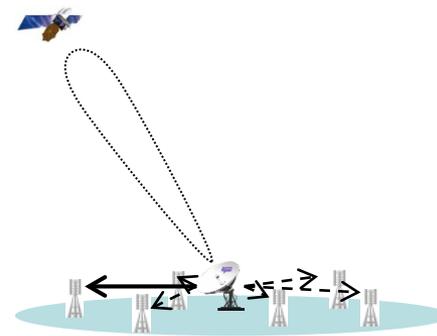
固定衛星通信（アップリンク）
（Ka帯衛星通信システム）との検討

Ka帯衛星通信システムとの共用検討概要

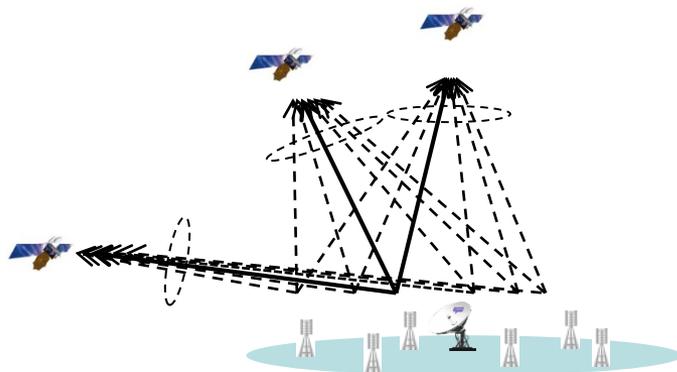
- 運用中／計画中のKa帯衛星通信システムに対して、下記の4シナリオを検討



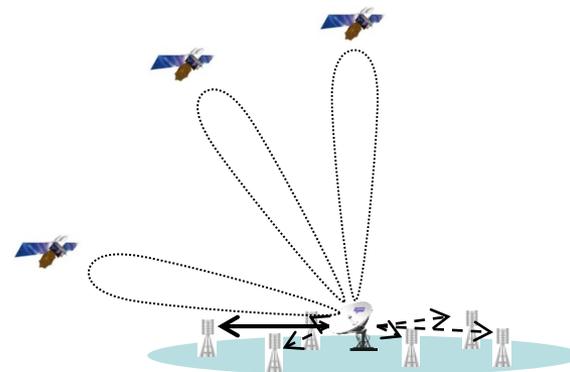
① 5G基地局→静止衛星 (GSO)



② 静止衛星向け地球局→5G基地局



③ 5G基地局→非静止衛星 (NGSO)



④ 非静止衛星向け地球局→5G基地局

共用検討概要（①5G基地局→静止衛星）

<干渉検討の対象>

- 運用中／計画中の静止衛星（GSO）として以下の3種類を考慮

	静止衛星 1	静止衛星 2	静止衛星 3
利用形態	サービスリンク	フィーダリンク	フィーダリンク
ステータス	利用中	利用中	計画中

<干渉検討の手法>

- 基地局と静止衛星との間の伝搬モデル
 - 自由空間伝搬損失のみ、自由空間伝搬損失及び勧告ITU-R P.2108に基づくクラッタ損（場所率50%）の2パターンを考慮
- 評価手法
 - 国内の昼間人口の多いメッシュ（500m×500m）に基地局を1局ずつ順次配置し、複数の基地局からの累積干渉電力が、静止衛星の許容干渉電力を満たすかどうかを比較

評価結果（①5G基地局→静止衛星）

<干渉検討の結果>

（ ）内の数字は、約50,000局の基地局を配置した時点での許容干渉電力に対する残マージン

	設置可能局数（注1）		
	静止衛星1 （サービスリンク）	静止衛星2 （フィーダリンク）	静止衛星3 （フィーダリンク）
自由空間伝搬損失 のみ	50,000局以上 （約10dBのマージン）	50,000局以上 （約18dBのマージン）	50,000局以上 （約10dBのマージン）
自由空間伝搬損失 +クラッタ損	50,000局以上 （約13dBのマージン）	50,000局以上 （約20dBのマージン）	50,000局以上 （約12dBのマージン）

（注1）基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、複数の基地局からの干渉電力の累積は、平均パターンで計算される値を利用

- 上記の結果より、**十分な数の基地局数を設置することができ、基地局の設置状況を適切に管理していけば、静止衛星と共用可能である**
- また、**陸上移動局からの影響についても、基地局に比較して干渉影響が大幅に増加することはないものと考えられるため、共用可能である**

共用検討概要

(②静止衛星向け地球局→5G基地局)

<干渉検討の対象>

- 運用中／計画中の静止衛星向け地球局として以下を考慮

	地球局 1	地球局2-1 地球局2-2	地球局3-1 地球局3-2
利用形態	サービスリンク	フィーダリンク	フィーダリンク
ステータス	利用中	利用中	計画中
設置形態・ 設置場所	固定設置型 及び可搬型	固定設置型 埼玉県秩父郡 千葉県南房総市	固定設置型 神奈川県横浜市 茨城県常陸大宮市

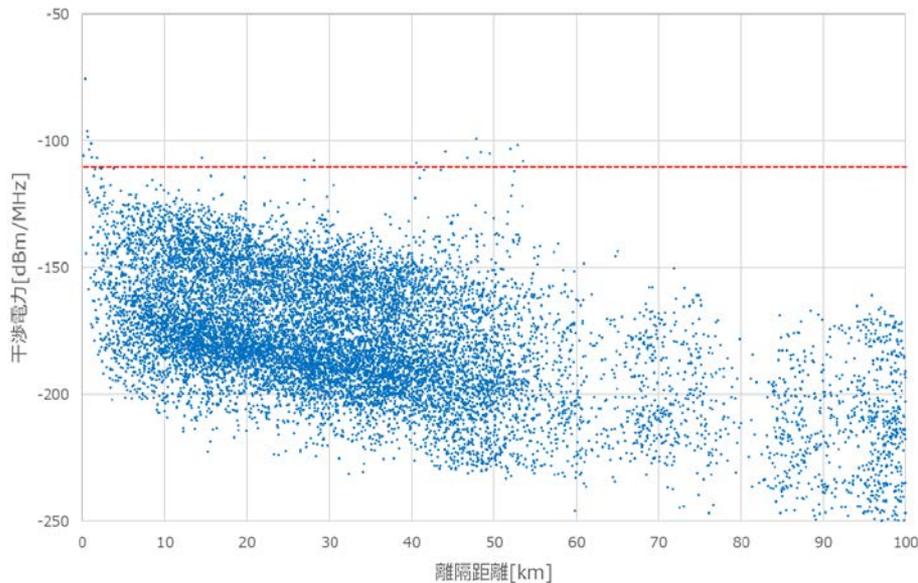
<干渉検討の手法>

- 地球局と基地局との間の伝搬モデル
 - 勧告ITU-R P.452（時間率20%）の伝搬モデルにおいて、標高に平均建物高を加算したプロファイルを利用
- 評価手法
 - 関東地方の昼間人口の多いメッシュ（500m×500m、約14,000メッシュ）に基地局を1局ずつ配置し、各地球局からの干渉電力を基地局の許容干渉電力と比較

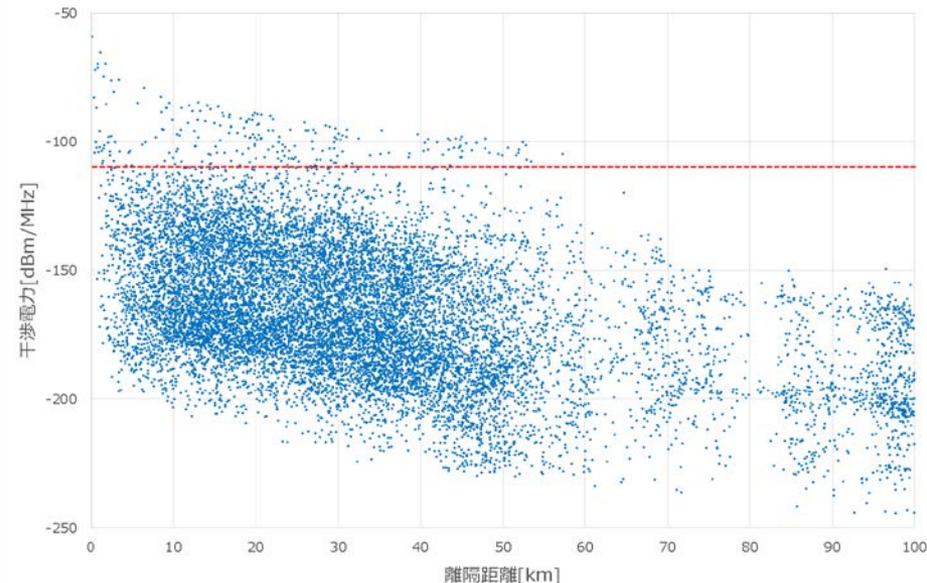
評価結果（②静止衛星向け地球局→5G基地局）

＜地球局 1 からの干渉影響（注1）＞ 赤線：地球局の許容干渉電力

地球局の空中線高：20m



地球局の空中線高：50m



（注1）基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

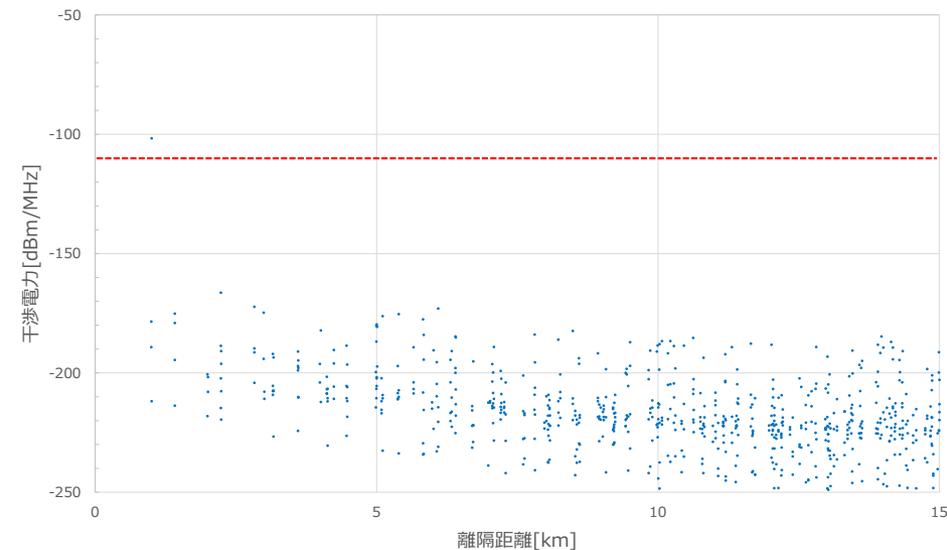
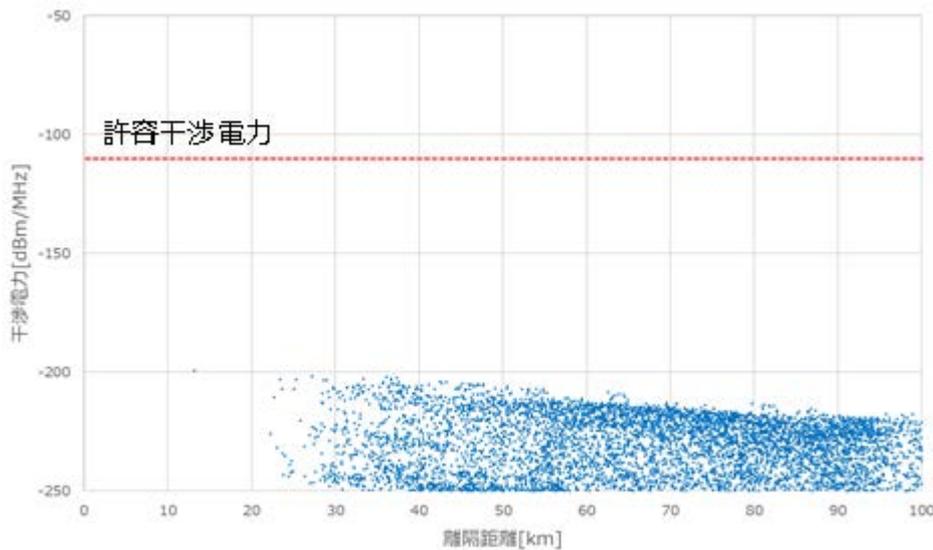
- **地球局と基地局の離隔距離が50km程度の地点でも、基地局の許容干渉電力を超過するケースがあるとの結果**

評価結果（②静止衛星向け地球局→5G基地局）

<地球局2-1からの干渉影響（注1）> 赤線：地球局の許容干渉電力

昼間人口の多い地点での評価

地球局近傍での評価



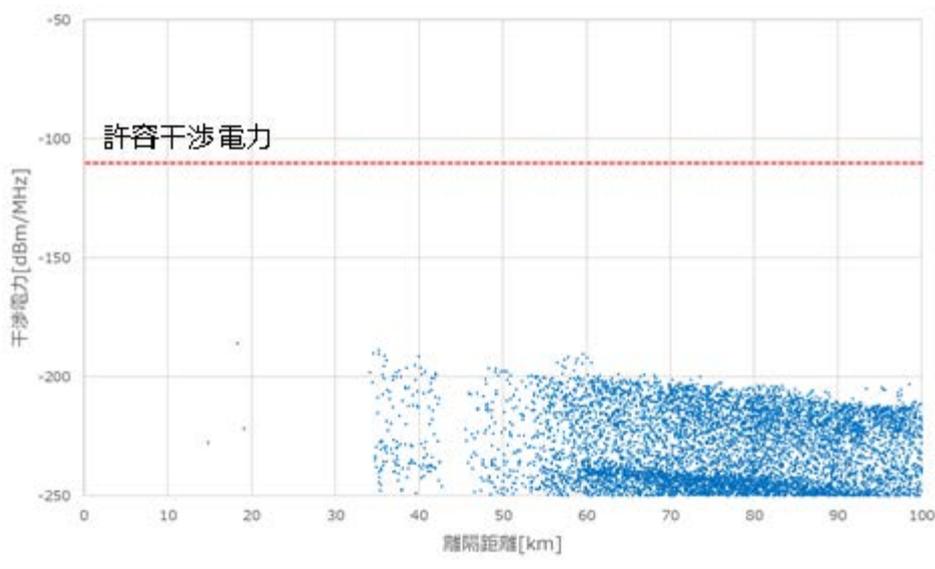
（注1）基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

- **地球局の近傍（1km程度以内）を除けば、基地局の許容干渉電力を満たすとの結果**

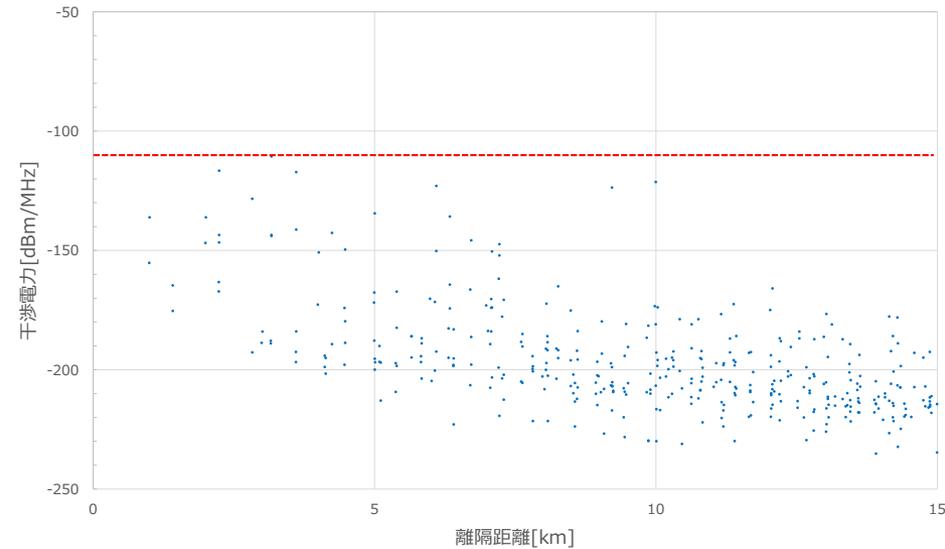
評価結果（②静止衛星向け地球局→5G基地局）

＜地球局2-2からの干渉影響（注1）＞ 赤線：地球局の許容干渉電力

昼間人口の多い地点での評価



地球局近傍での評価



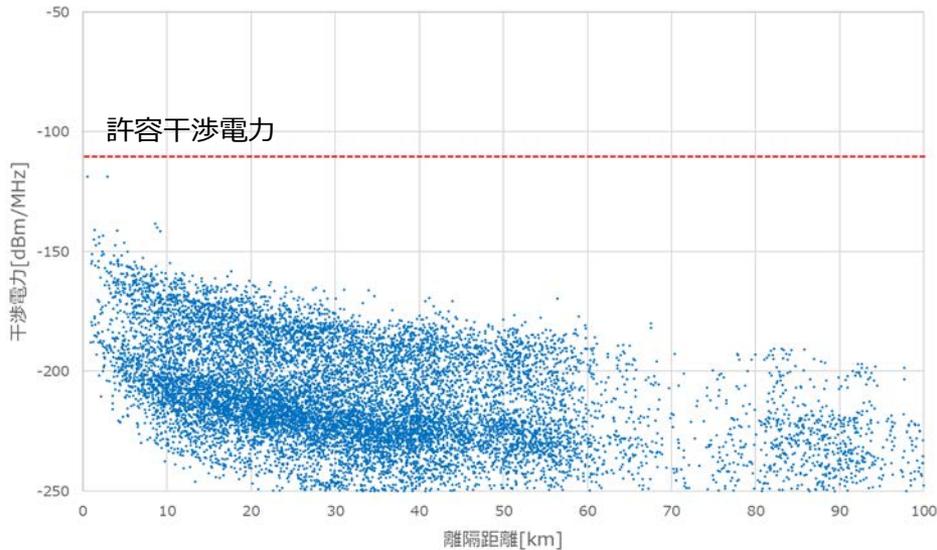
（注1）基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

- **基地局の許容干渉電力を満たすとの結果**

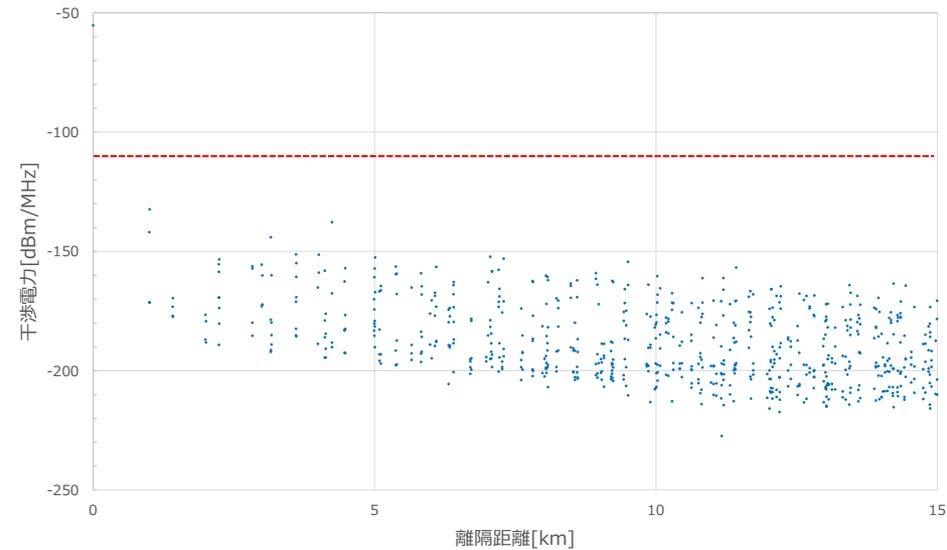
評価結果（②静止衛星向け地球局→5G基地局）

＜地球局3-1からの干渉影響（注1）＞ 赤線：地球局の許容干渉電力

昼間人口の多い地点での評価



地球局近傍での評価



（注1）基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

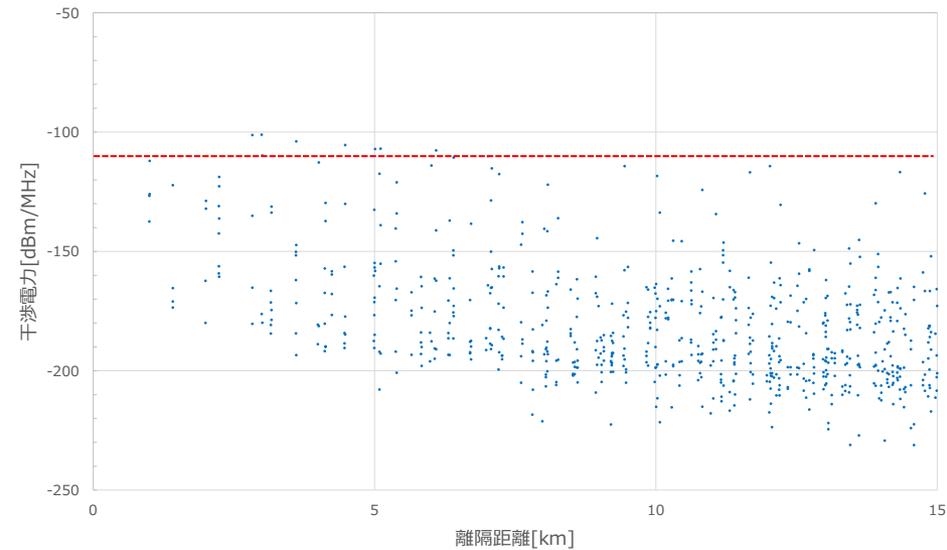
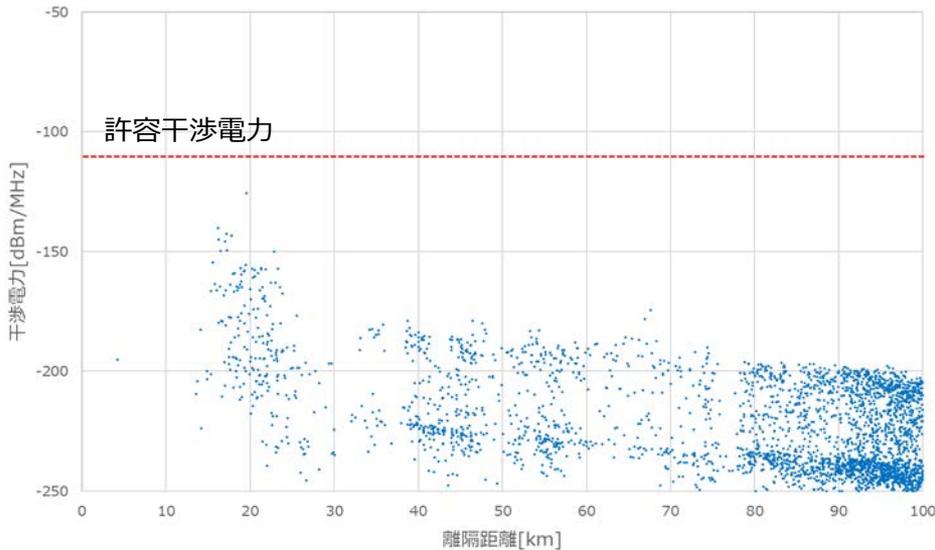
- **基地局の許容干渉電力を満たすとの結果**

評価結果（②静止衛星向け地球局→5G基地局）

＜地球局3-2からの干渉影響（注1）＞ 赤線：地球局の許容干渉電力

昼間人口の多い地点での評価

地球局近傍での評価



（注1） 基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

- **地球局の近傍（6km程度以内）を除けば、基地局の許容干渉電力を満たすとの結果**

評価結果（②静止衛星向け地球局→5G基地局）

<まとめ>

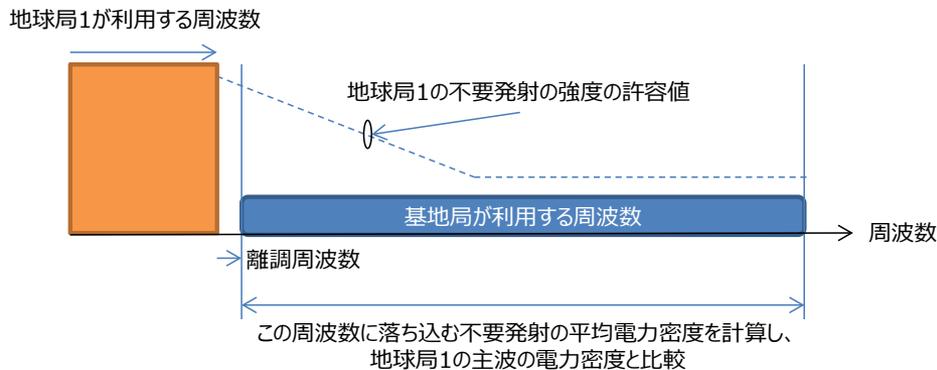
	地球局 1	地球局2-1 地球局2-2	地球局3-1 地球局3-2
利用形態	サービスリンク	フィーダリンク	フィーダリンク
ステータス	利用中	利用中	計画中
設置形態・ 設置場所	固定設置型 及び可搬型	固定設置型 埼玉県秩父郡 千葉県南房総市	固定設置型 神奈川県横浜市 茨城県常陸大宮市
共用検討の結果	地球局と基地局の 離隔距離が50km 程度の地点でも、基 地局の許容干渉電 力を超過するケー スがある	地球局の近傍（数km程度以内）を除 けば、基地局の許容干渉電力を満 たす	

- サービスリンクで利用中の地球局1とは、同一周波数での共存には課題があるため、5Gシステムを隣接周波数で利用することや、屋内で利用する等の方策を検討する必要がある
- フィーダリンクで利用中／予定の地球局については、地球局の近傍で必要な干渉調整を実施すれば、同一周波数の条件を含めて共用可能である

評価結果（②静止衛星向け地球局→5G基地局）

＜地球局1と5Gシステムを隣接周波数で利用する場合の検討＞

- 隣接周波数における干渉電力の大きさは、以下のように算出される



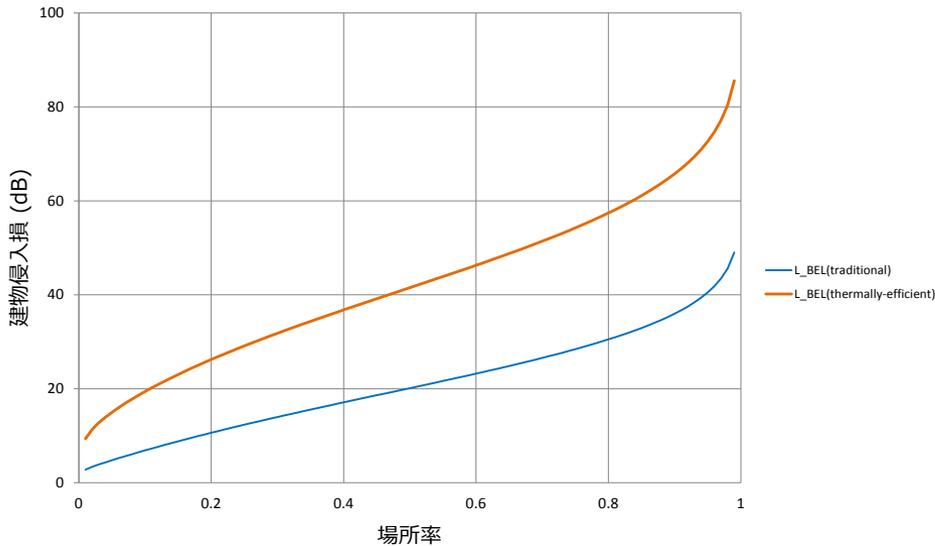
地球局 1 が用いる周波数端からの離調 (MHz)	同一周波数干渉に比較した干渉電力レベルの低減量 (dB)
0	13.8
10	16.2
20	18.2
50	23.0
100	28.5

- 上記の表より、隣接周波数で利用すれば、地球局から基地局への干渉電力レベルを低減することができる

評価結果（②静止衛星向け地球局→5G基地局）

＜地球局1が屋外利用、5Gシステムが屋内利用である場合の検討＞

- 電波伝搬における建物侵入損を計算する式が勧告ITU-R P.2109で与えられている
- 本式に基づくと、28GHz帯における建物侵入損は以下のように計算される



建物の種別	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

- 上記の結果より、**5Gシステムを屋内で利用すれば、地球局から基地局への干渉電力レベルを低減することができる**

共用検討概要（③5G基地局→非静止衛星）

<干渉検討の対象>

- 計画中の非静止衛星（NGSO）として以下の2種類を考慮

	非静止衛星 1	非静止衛星 2
利用形態	フィーダリンク	サービスリンク
ステータス	計画中	計画中

<干渉検討の手法>

- 基地局と非静止衛星との間の伝搬モデル
 - 自由空間伝搬損失のみ、自由空間伝搬損失及び勧告ITU-R P.2108に基づくクラッタ損（場所率50%）の2パターンを考慮
- 評価手法
 - 国内の昼間人口の多いメッシュ（500m×500m）に基地局を1局ずつ順次配置し、複数の基地局からの累積干渉電力が、非静止衛星の許容干渉電力を満たすかどうかを比較

評価結果（③5G基地局→非静止衛星）

＜干渉検討の結果＞

（ ）内の数字は、約50,000局の基地局を配置した時点での許容干渉電力に対する残マージン

	非静止衛星 1		非静止衛星 2	
	仰角	設置可能局数 (注1)	仰角	設置可能局数 (注1)
自由空間伝搬損失のみ	5度	約6,000局	15度	約8,100局
	30度	50,000局以上 (約6dBのマージン)	30度	約32,000局
	60度	50,000局以上 (約16dBのマージン)	60度	50,000局以上 (約5dBのマージン)
自由空間伝搬損失+クラッタ損	5度	50,000局以上 (約17dBのマージン)	15度	50,000局以上 (約5dBのマージン)
	30度	50,000局以上 (約11dBのマージン)	30度	50,000局以上 (約4dBのマージン)
	60度	50,000局以上 (約12dBのマージン)	60度	50,000局以上 (約6dBのマージン)

(注1) 基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、基地局からの干渉電力の累積は、平均パターンで計算される値を利用

- 自由空間伝搬損失のみでは、低仰角の条件において基地局の設置可能局数に制限がかかるが、低仰角の条件では、一般にクラッタ損を期待することができる。その場合には、**十分な数の基地局数を設置可能であり、基地局の設置状況を適切に管理していけば、共用可能である**
- また、**陸上移動局からの影響についても、基地局に比較して干渉影響が大幅に増加することはないものと考えられるため、共用可能である**

共用検討概要

(④非静止衛星向け地球局→5G基地局)

<干渉検討の対象>

- 計画中の非静止衛星向け地球局として以下を考慮

	地球局1-1、1-2	地球局2
利用形態	フィーダリンク	サービスリンク
ステータス	計画中	計画中
設置場所	茨城県、山口県を想定	東京都を想定

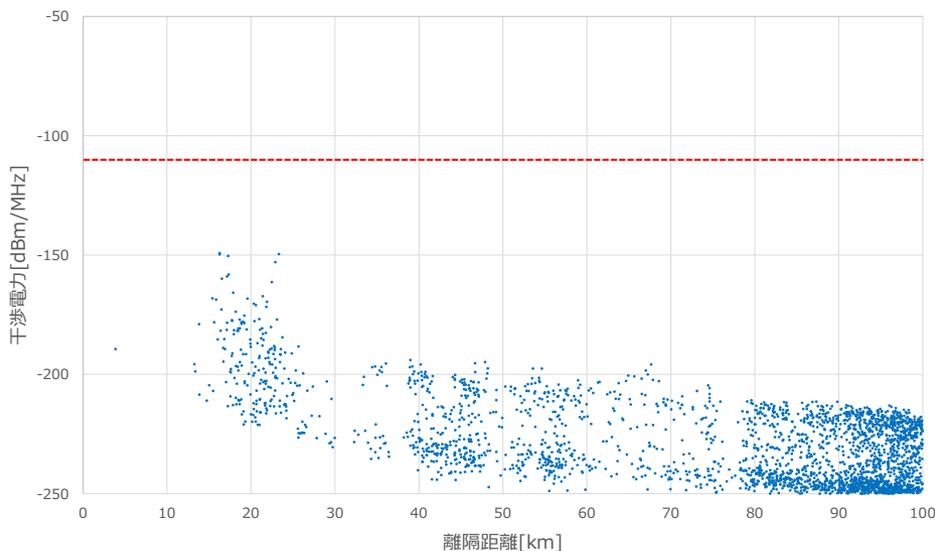
<干渉検討の手法>

- 地球局と基地局との間の伝搬モデル
 - 勧告ITU-R P.452（時間率20%）の伝搬モデルにおいて、標高に平均建物高を加算したプロファイルを利用
- 評価手法
 - 関東地方の昼間人口の多いメッシュ（500m×500m、約14,000メッシュ）に基地局を1局ずつ配置し、各地球局からの干渉電力を基地局の許容干渉電力と比較

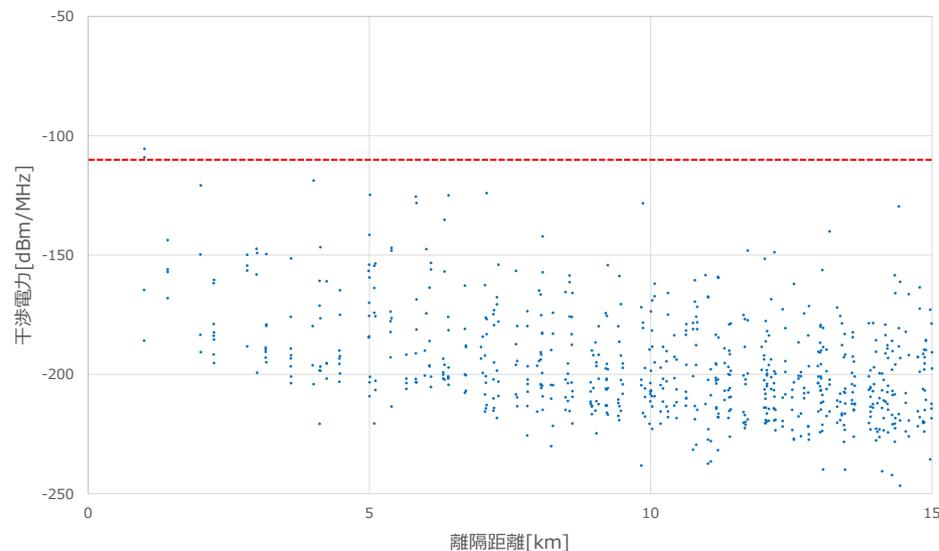
評価結果（④非静止衛星向け地球局→5G基地局）

＜地球局1-1からの干渉影響（注1）＞ 赤線：地球局の許容干渉電力

昼間人口の多い地点での評価



地球局近傍での評価



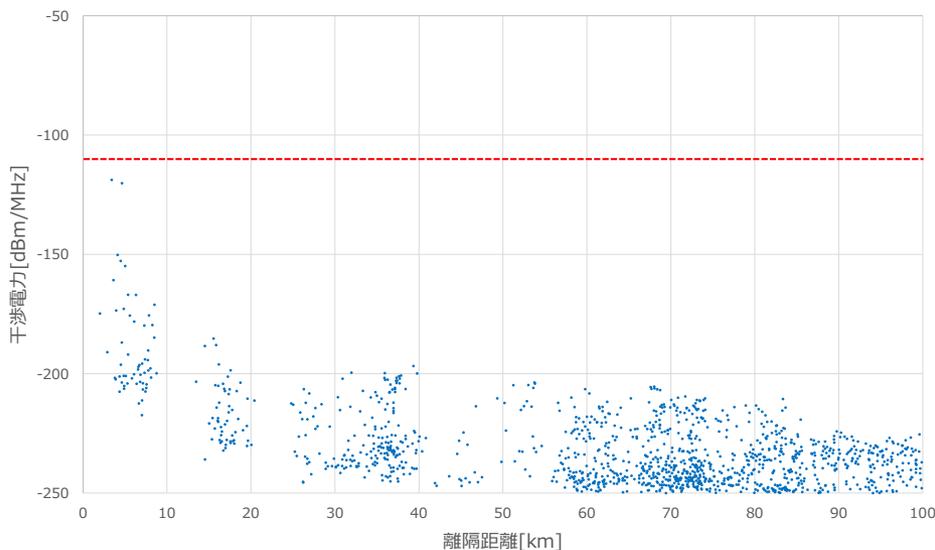
（注1）基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

- **地球局の近傍（1km程度以内）を除けば、基地局の許容干渉電力を満たすとの結果**

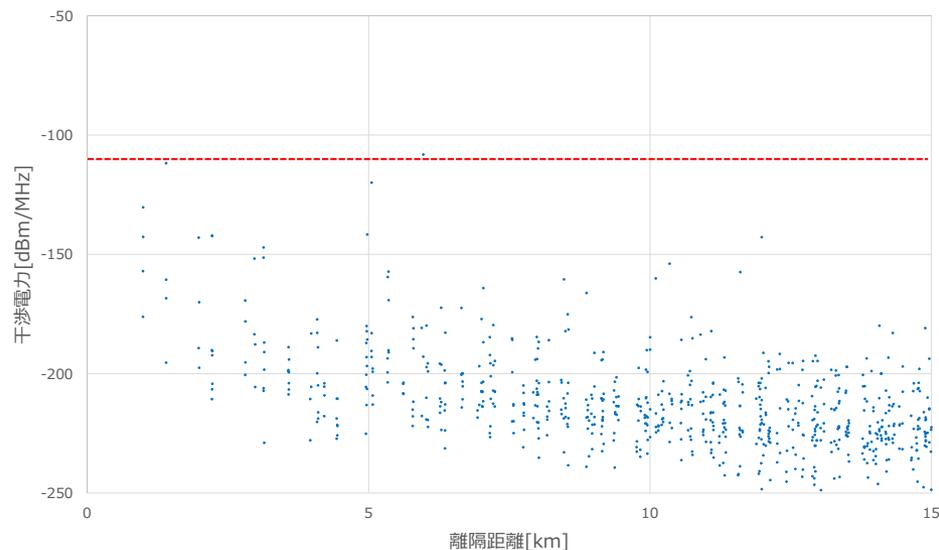
評価結果（④非静止衛星向け地球局→5G基地局）

<地球局1-2からの干渉影響（注1）> 赤線：地球局の許容干渉電力

昼間人口の多い地点での評価



地球局近傍での評価



（注1）基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

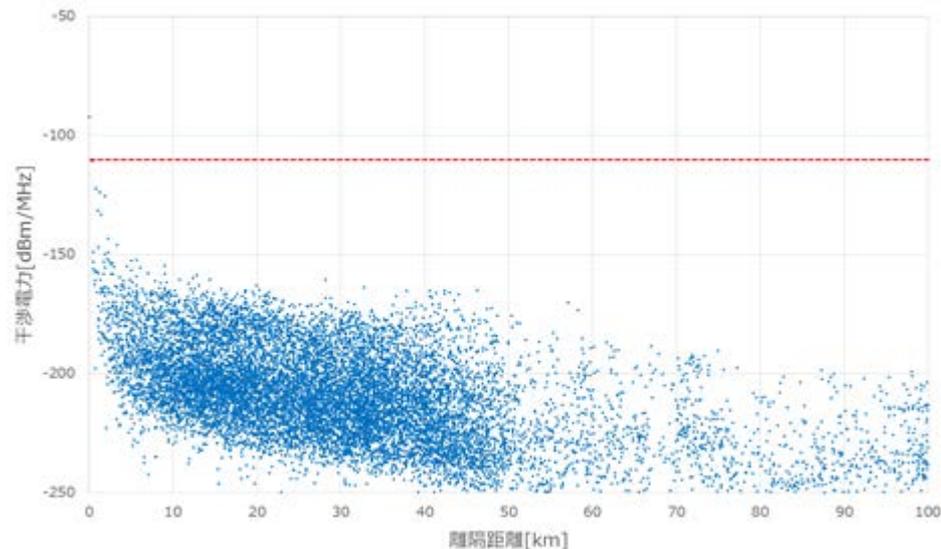
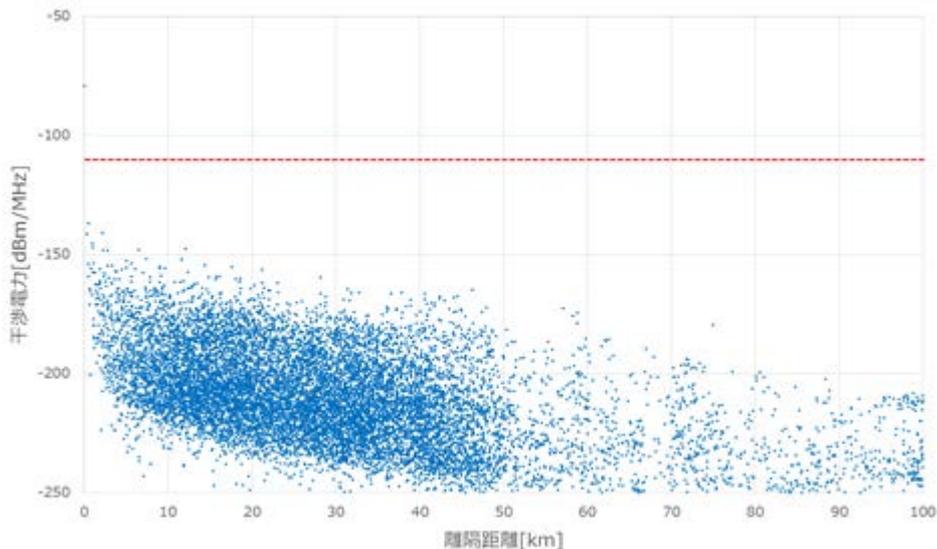
- **地球局の近傍（6km程度以内）を除けば、基地局の許容干渉電力を満たすとの結果**

評価結果（④非静止衛星向け地球局→5G基地局）

＜地球局2からの干渉影響（注1）＞ 赤線：地球局の許容干渉電力

地球局の空中線高：6m

地球局の空中線高：15m



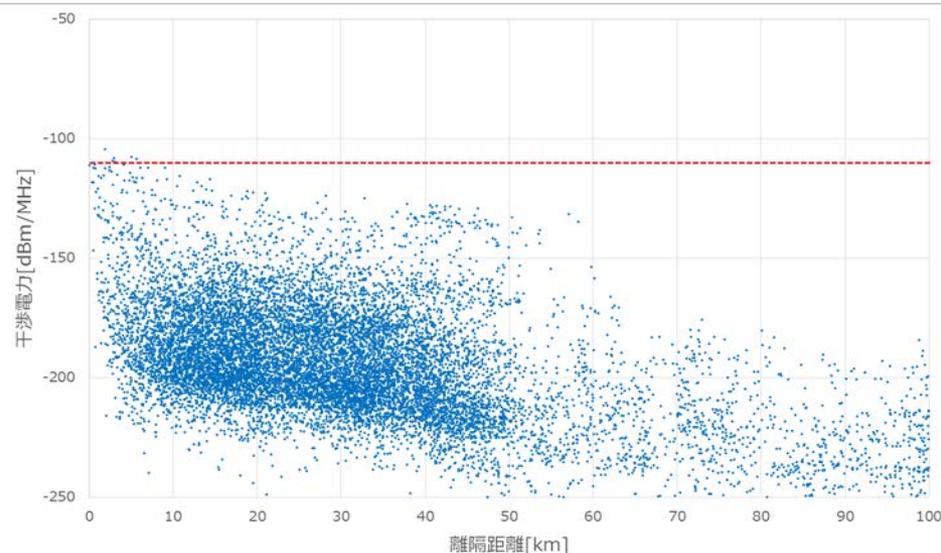
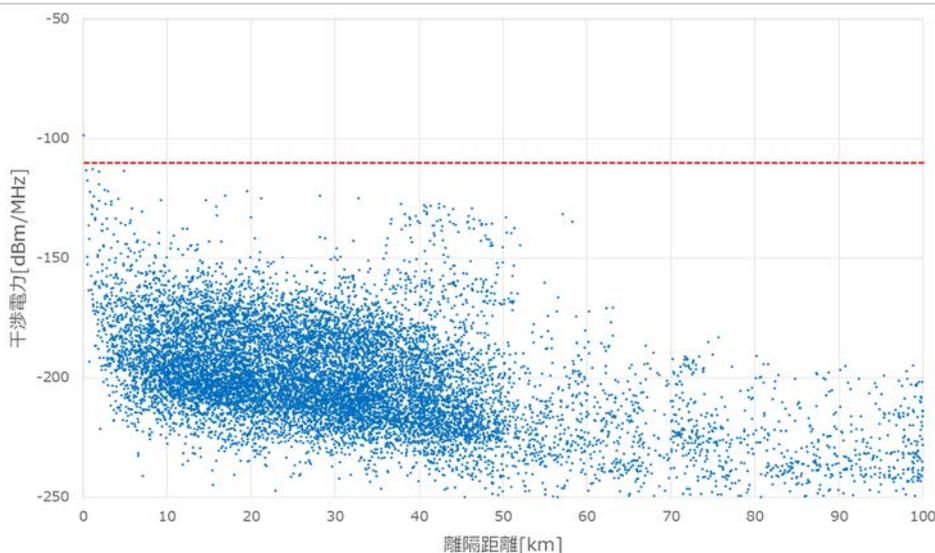
（注1）基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

評価結果（④非静止衛星向け地球局→5G基地局）

＜地球局2からの干渉影響（注1）＞ 赤線：地球局の許容干渉電力

地球局の空中線高：30m

地球局の空中線高：60m



（注1）基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

- 地球局の近傍（5km程度以内）で、基地局の許容干渉電力を超過するケースがある。**5Gシステムの展開エリア内に、サービスリンクの地球局（Very Small Aperture Terminal）が潜在的に設置される可能性があるため、何らかの方策が必要**である
- **個別の干渉調整の実現性や、お互いに隣接周波数で運用することや、5Gシステムを屋内で利用する等の方策を検討する必要がある**

衛星間通信システムとの検討

共用検討概要

(5G基地局→データ中継技術衛星)

<干渉検討の対象>

- 衛星間通信システムの静止衛星人工衛星局（データ中継技術衛星）と、隣接周波数における干渉検討を実施
 - なお、検討を行ったデータ中継技術衛星の運用は2017年8月に終了しているが、同様な用途での利用を想定して検討を実施

<干渉検討の手法>

- 基地局と静止衛星との間の伝搬モデル
 - 自由空間伝搬損失のみ、自由空間伝搬損失及び勧告ITU-R P.2108に基づくクラッタ損（場所率50%）の2パターンを考慮
- 評価手法
 - 国内の昼間人口の多いメッシュ（500m×500m）に基地局を1局ずつ順次配置し、複数の基地局からの累積干渉電力が、静止衛星の許容干渉電力を満たすかどうかを比較

評価結果（5G基地局→データ中継技術衛星）

<干渉検討の結果（隣接周波数干渉）>

（ ）内の数字は、約50,000局の基地局を配置した時点での許容干渉電力に対する残マージン

	設置可能局数（注1）
自由空間伝搬損失のみ	50,000局以上 （約20dBのマージン）
自由空間伝搬損失 +クラッタ損	50,000局以上 （約26dBのマージン）

（注1）基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、基地局からの干渉電力の累積は、平均パターンで計算される値を利用

- 上記の結果より、**十分な数の基地局数を設置することができ、基地局の設置状況を適切に管理していけば、データ中継技術衛星と共用可能である**
- また、**陸上移動局からの影響についても、基地局に比較して干渉影響が大幅に増加することはないものと考えられるため、共用可能である**

評価結果

(データ中継技術衛星向け地球局→5G基地局)

<干渉検討の対象>

- データ中継技術衛星向けの地球局として以下を考慮

	地球局
設置場所	茨城県つくば市

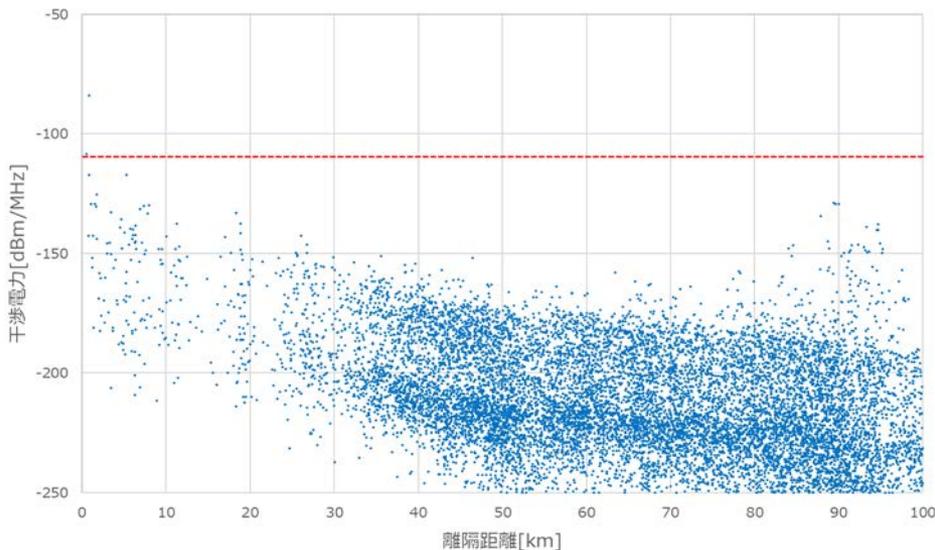
<干渉検討の手法>

- 地球局と基地局との間の伝搬モデル
 - 勧告ITU-R P.452 (時間率20%) の伝搬モデルにおいて、標高に平均建物高を加算したプロファイルを利用
- 評価手法
 - 関東地方の昼間人口の多いメッシュ (500m×500m、約14,000メッシュ) に基地局を1局ずつ配置し、各地球局からの干渉電力を基地局の許容干渉電力と比較

評価結果

(データ中継技術衛星向け地球局→5G基地局)

<地球局からの干渉影響 (注1) > 赤線：地球局の許容干渉電力



地球局 1 が用いる 周波数端からの離調 (MHz)	同一周波数干渉に比較した 干渉電力レベルの低減量 (dB)
0	9.2
10	10.1
20	11.0
50	13.8
100	18.3

(注1) 基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

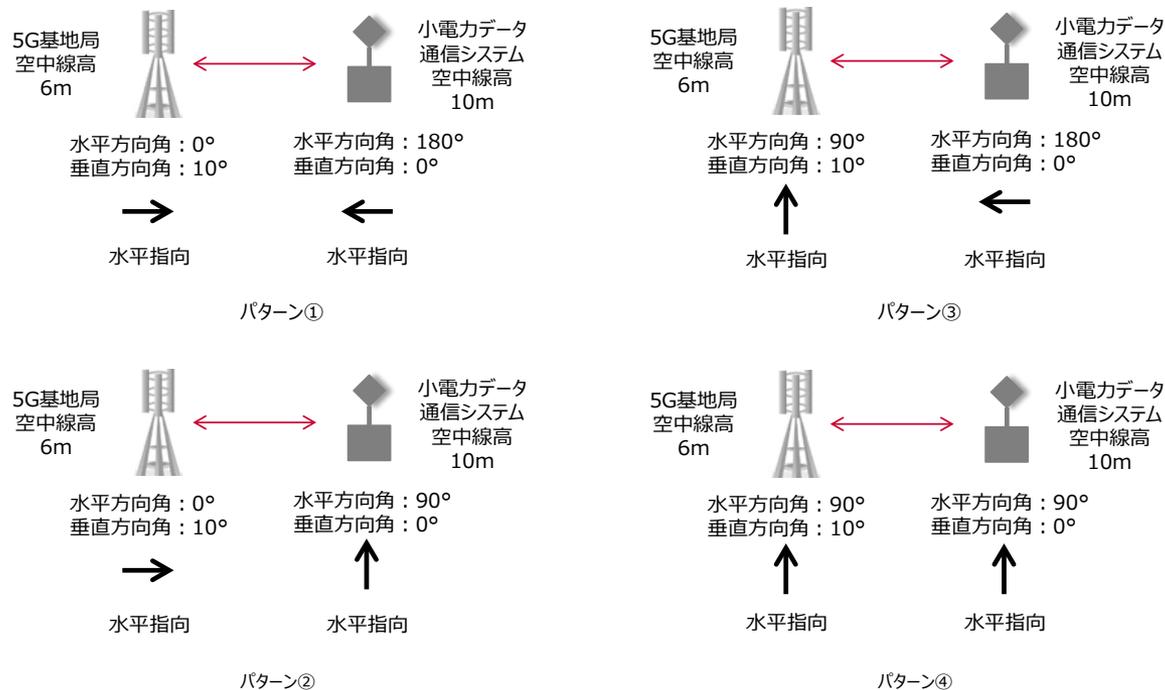
- 左図は同一周波数干渉における地球局からの干渉影響を評価した結果
- 隣接周波数干渉の条件として、右表の低減量を考慮すれば、**地球局の近傍 (1km程度以内) を除けば、基地局の許容干渉電力を満たす結果となり、共用可能である**。また、基地局が設置されていないければ陸上移動局が地球局の近傍で通信を行うこともないことから、**陸上移動局と共用可能である**

小電力データ通信システムとの検討

小電力データ通信システムとの共用検討の概要

<基地局との検討>

- 1対1対向モデルを用いて検討を実施
 - 与干渉局と被干渉局の間の離隔距離を考慮し、許容干渉レベルに対する所要改善量を算出
 - 空中線高、離隔距離に応じた空中線指向特性を考慮
- 基地局のビームフォーミングアンテナの指向特性として、平均パターンと最大パターンを用いた計算を実施



小電力データ通信システムとの共用検討結果

＜基地局と小電力データ通信システムとの干渉検討の結果＞

与干渉局	被干渉局	所要改善量 (注1)			
		パターン①	パターン②	パターン③	パターン④
基地局	小電力データ通信システム	41.6dB	7.6dB	8.8dB	-25.2dB
小電力データ通信システム	基地局	14.8dB	-18.0dB	-19.2dB	-52.0dB

(注1) 基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

- お互いの無線局が正対する条件（パターン①）を除いて、所要改善量は10dB以下となる
- 10dB以下の所要改善量であれば、基地局の不要発射の強度や空中線指向特性の実力値、小電力無線アクセスシステムの許容干渉電力の実力値等を加味すれば、所要改善量が0 dB以下となるケースも増えると考えられ、**基地局と小電力データ通信システムの無線局は共用可能**と考えられる

小電力データ通信システムとの共用検討結果

<陸上移動局との検討>

- モンテカルロシミュレーションを用いて検討を実施

<陸上移動局との干渉検討の結果>

与干渉局	被干渉局	所要改善量（帯域内干渉）
陸上移動局	小電力データ通信システム	-2.2dB
小電力データ通信システム	陸上移動局	-38.0dB

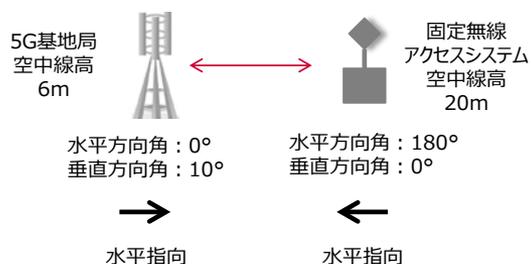
- 所要改善量が0dB以下であり、**陸上移動局と小電力データ通信システムの無線局は共用可能**である

固定無線アクセスシステムとの検討

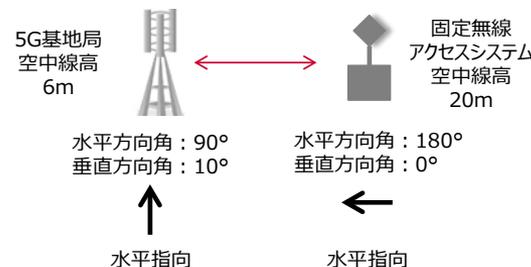
固定無線アクセスシステムとの共用検討の概要

<基地局との検討>

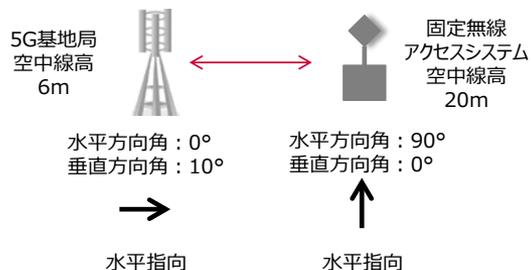
- 1対1対向モデルを用いて検討を実施
 - 与干渉局と被干渉局の間の離隔距離を考慮し、許容干渉レベルに対する所要改善量を算出
 - 空中線高、離隔距離に応じた空中線指向特性を考慮
- 基地局のビームフォーミングアンテナ特性として、平均パターンと最大パターンを用いた計算を実施



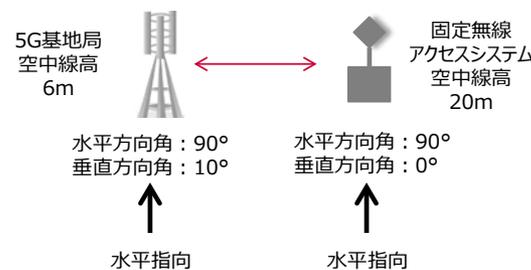
パターン①



パターン③



パターン②



パターン④

固定無線アクセスシステムとの共用検討結果

＜基地局と固定無線アクセスシステムとの干渉検討の結果＞

与干渉局	被干渉局	所要改善量 (注1)			
		パターン①	パターン②	パターン③	パターン④
基地局	固定無線アクセスシステム	36.1dB	-12.9dB	3.3dB	-45.7dB
固定無線アクセスシステム	基地局	29.5dB	-3.3dB	-19.6dB	-52.4dB

(注1) 基地局のビームフォーミングアンテナ特性について、平均パターンで計算される値を利用

- お互いの無線局が正対する条件（パターン①）を除いて、所要改善量は大幅に改善する
- 基地局、固定無線アクセスシステムの無線局の双方とも免許局であることを考慮すれば、サイトエンジニアリングにより後発の無線局の空中線指向方向を調整する対策や、各無線局の不要発射の強度・空中線指向特性の実力値を考慮した干渉調整を行えば、所要改善量を0 dB以下にして、**基地局と固定アクセスシステムの無線局は共用可能**と考えられる

固定無線アクセスシステムとの共用検討結果

<陸上移動局との検討>

- モンテカルロシミュレーションを用いて検討を実施

<陸上移動局との干渉検討の結果>

与干渉局	被干渉局	所要改善量（帯域内干渉）
陸上移動局	固定無線アクセスシステム	2.9dB
固定無線アクセスシステム	陸上移動局	-15.5dB

- 陸上移動局が与干渉局となる場合には所要改善量として2.9dBが残るが、陸上移動局の不要発射の強度の実力値等を加味すれば、共用可能なレベルである
- 以上を考慮すると、**陸上移動局と固定アクセスシステムの無線局は共用可能**である

5Gシステムとの検討

5Gシステムとの共用検討概要

- 28GHz帯へ5Gシステムを導入する場合、当該周波数帯の中で複数の5Gシステムが運用される可能性があるため、隣接周波数における両システムの共存を考慮する必要がある
- 5Gシステムを隣接周波数で運用する際に、**ネットワーク同期を実現すればガードバンド0MHzにより共用可能である**
- 一方、複数の5Gシステムが異なる下り／上りリンクの時間比率を用いる場合には、両システムが非同期運用となり、陸上移動局間の干渉や基地局間の干渉が発生する
- これらの干渉影響を回避／軽減するためには、隣接する周波数を用いる5Gシステムの境界部分に、ガードバンドを設けることが必要になる。
- **非同期運用における具体的かつ現実的なガードバンド幅を算出するためには、基地局や陸上移動局の不要発射の強度に関する実力値等の情報が必要**になる

28GHz帯の検討結果まとめ

28GHz帯の検討結果まとめ

対象システム	同一／隣接	与干渉→被干渉
固定衛星通信 (アップリンク)	同一周波数 隣接周波数	<p><u>5G→静止衛星の人工衛星局</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 十分な数の基地局を設置することができ、基地局の設置状況を適切に管理していけば、共用可能である。また、陸上移動局についても、基地局に比較して干渉影響が大幅に増加することはないと考えられる、共用可能である <p><u>静止衛星向けの地球局→5G</u></p> <ul style="list-style-type: none"> サービスリンクで利用されている既存の固定型設置型／可搬型地球局との共用 <ul style="list-style-type: none"> 同一周波数での共用には課題がある 隣接周波数での共用／5Gシステムを屋内で利用する等の方策を検討する必要がある フィーダリンクで利用／計画されている地球局との共用 <ul style="list-style-type: none"> 地球局の近傍（1km程度）に基地局を設置しない等、必要な干渉調整を行えば、同一周波数の条件を含めて、共用可能と考えられる <p><u>5G→非静止衛星の人工衛星局</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 十分な数の基地局を設置することができ、基地局の設置状況を適切に管理していけば、共用可能である。また、陸上移動局についても、基地局に比較して干渉影響が大幅に増加することはないと考えられる、共用可能である

28GHz帯の検討結果まとめ

対象システム	同一／隣接	与干渉→被干渉
固定衛星通信 (アップリンク)	同一周波数 隣接周波数	<p>5G→非静止衛星の人工衛星局</p> <ul style="list-style-type: none"> 十分な数の基地局を設置することができ、基地局の設置状況を適切に管理していけば、共用可能である。また、陸上移動局についても、基地局に比較して干渉影響が大幅に増加することはないと考えられる、共用可能である <p>非静止衛星向けの地球局→5G</p> <ul style="list-style-type: none"> サービスリンクで計画されている地球局との共用 <ul style="list-style-type: none"> 5Gシステムの展開エリア内に、サービスリンクの地球局 (Very Small Aperture Terminal) が潜在的に設置される可能性があり、その場合には、必要な離隔距離を確保できないケースがあるため、同一周波数での共用には課題がある 個別の干渉調整の実現性や、隣接周波数での共用／5Gシステムを屋内で利用する等の方策を検討する必要がある フィーダリンクで計画されている地球局との共用 <ul style="list-style-type: none"> 地球局の近傍 (1～6km程度) に基地局を設置しない等、必要な干渉調整を行えば、同一周波数の条件を含めて、共用可能と考えられる

28GHz帯の検討結果まとめ

対象システム	同一／隣接	与干渉→被干渉
衛星間通信	隣接周波数	<p><u>5G→人工衛星局（衛星間通信アップリンク受信）</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 十分な数の基地局数を設置することができ、基地局の設置状況を適切に管理していけば、共用可能である。また、陸上移動局についても、基地局に比較して干渉影響が大幅に増加することはないものと考えられるため、共用可能である <p><u>地球局（衛星アップリンク送信）→5G</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 地球局の近傍（数km程度以内）において必要な干渉対策を行えば、共用可能である。また、基地局が設置されていなければ陸上移動局が地球局の近傍で通信を行うこともないことから、陸上移動局と共用可能である
小電力データ通信システム	隣接周波数	<ul style="list-style-type: none"> 基地局の不要発射の強度や空中線指向特性の実力値、小電力無線アクセスシステムの許容干渉電力の実力値等を加味すれば、基地局と小電力データ通信システムの無線局は共用可能である モンテカルロシミュレーション結果より、陸上移動局と小電力データ通信システムの無線局は共用可能である
固定無線アクセスシステム	隣接周波数	<ul style="list-style-type: none"> 基地局、固定無線アクセスシステムの無線局の双方とも免許局であることを考慮し、サイトエンジニアリングにより後発の無線局の空中線指向方向を調整する対策や、各無線局の不要発射の強度・空中線指向特性の実力値を考慮した干渉調整を行えば、基地局と固定アクセスシステムの無線局は共用可能である モンテカルロシミュレーション結果より、陸上移動局と固定無線アクセスシステムの無線局は共用可能である
5G	隣接周波数	<ul style="list-style-type: none"> 隣接周波数で運用する際にネットワーク同期を実現すれば、ガードバンド0MHzにより共用可能である 非同期運用における具体的かつ現実的なガードバンド幅を算出するためには、基地局や移動局の不要発射の強度に関する実力値等の情報が必要

今後検討する項目

- 静止衛星、非静止衛星のサービスリンクの地球局から5Gシステムの干渉影響について、5Gシステムを屋内等で利用する等の方策について、その有効性をさらに検討する