

地上携帯電話ネットワーク等への影響 及び遠方捕捉問題の検討

2024年7月23日

ドコモ・テクノロジー株式会社



1. 調査検討の背景、調査検討項目

2. 地上の携帯電話等通信網に対する影響に関する検討
 - A) TDD帯電波伝搬特性検討

 - B) 携帯電話等の上空利用による地上携帯電話等通信網への影響

3. 遠方捕捉問題の解決手法に関する検討

- サービスエリアが広く、高速・大容量のデータ伝送が可能な携帯電話等の端末を無人航空機（ドローン）等に搭載し、操縦や画像・データ伝送等に利用したいとのニーズが高まっている。
- こうした状況を踏まえ、総務省においては、情報通信審議会における技術的検討を経て、一定の条件に合致する携帯電話の端末については、簡素化した手続きにより無人航空機等において上空で利用可能とする制度整備が令和5年4月までに行われている（FDD帯については上空利用可能となっている）。
- 一方で、「デジタル田園都市国家インフラ整備計画」（令和4年3月総務省策定、令和5年4月改訂）においては、様々なワイヤレスシステムを柔軟に組み合わせた地域のデジタル基盤の整備と、そのデジタル基盤を活用する先進的なソリューションの実用化を一体的に推進することとしており、特に、早期の社会実装が期待されるドローンについては、上空における携帯電話網の利用について、他の無線システム等への混信を防止しつつ更なる利用拡大を図るための検討を行い、令和5年度末頃から順次方向性を取りまとめることとしている。
- 以上のような背景により、携帯電話等に割り当てられた帯域のうち、主に5G用に割り当てられているSub6帯やミリ波帯において、携帯電話等の端末（移動局）を上空で利用する場合における技術的条件等を取りまとめることで、上空における携帯電話等の利用による周波数の有効利用に資することが求められている。
- 上述のような背景を踏まえて、以下の4項目について検討を行った。

#	調査検討項目	概要	備考
1	地上の携帯電話等通信網に対する影響に関する検討	上空の電界強度測定に基づき、伝搬モデルを考察。その結果を踏まえ、上空における携帯電話等の通信に関する電気通信業務を行う上での必要な品質の確保、上空における携帯電話等の通信による既存の携帯電話等の通信への影響について考察し、課題を整理。	本資料2章
2	遠方捕捉問題の解決手法に関する検討	上空端末からTDD通信を行うことにより生じる送受信タイミングの同期ずれによって発生する既存の携帯電話等の通信への影響（遠方捕捉問題）について考察し、遠方捕捉問題を解決する手法について検討。	本資料3章
3	携帯電話等の隣接帯域等を使用する他の無線システムとの共用検討	過去の情報通信審議会における他の無線システムとの共用検討前提条件から移動局の高さを変更することによる共用検討結果への影響の有無について検討し、影響がある場合は、干渉を回避するための方策を検討。	資料11-2等
4	携帯電話等端末の上空利用に関する技術的条件等（素案）の検討		別途

(参考1-1) 検討対象となる周波数帯とシステム

- 本検討において検討対象となる周波数帯と携帯電話等システムは下表の通り。

周波数帯の名称		周波数	検討対象となる携帯電話等
BWA帯	2.5GHz帯	2545MHz~2645MHz	AXGP/WiMAX R2.1AE(※1)、XGP Ver4.0/WiMAX R3.0(※2)
Sub6帯	3.4/3.5GHz帯	3.4GHz~3.6GHz	TDD-LTE(※3)、TDD-NR(※4)
	3.7GHz帯	3.6GHz~4.1GHz	TDD-NR(※4)
	4.5GHz帯	4.5GHz~4.6GHz	TDD-NR(※4)
	4.6/4.7GHz帯	4.6GHz~4.8GHz	TDD-NR方式を用いるローカル 5 G
	4.8GHz帯	4.8GHz~4.9GHz	TDD-NR方式を用いるローカル 5 G
	4.9GHz帯	4.9GHz~5.0GHz	TDD-NR(※4)
mmW帯	28GHz帯	27.0GHz~28.2GHz 29.1GHz~29.5GHz	TDD-NR(※4)
		28.2GHz~29.1GHz	TDD-NR方式を用いるローカル 5 G

※1 無線設備規則第49 条の29 において無線設備の条件が規定される、時分割・直交周波数分割多元接続方式又は時分割・シングルキャリア周波数分割多元接続方式広帯域移動無線アクセスシステム

※2 無線設備規則第49 条の29 の2において無線設備の条件が規定される、シングルキャリア周波数分割多元接続方式又は直交周波数分割多元接続方式広帯域移動無線アクセスシステム

※3 無線設備規則第49 条の6の10 において無線設備の条件が規定される、シングルキャリア周波数分割多元接続方式携帯無線通信を行うものであって、時分割複信方式を用いるもの

※4 無線設備規則第49 条の6の12 において無線設備の条件が規定される、シングルキャリア周波数分割多元接続方式又は直交周波数分割多元接続方式携帯無線通信を行うものであって、時分割複信方式を用いるもの

1. 調査検討の背景、調査検討項目

2. 地上の携帯電話等通信網に対する影響に関する検討
 - A) TDD帯電波伝搬特性検討

 - B) 携帯電話等の上空利用による地上携帯電話等通信網への影響

3. 遠方捕捉問題の解決手法に関する検討

2-A. TDD帯電波伝搬特性検討の概要

- 調査検討事項
 - 日本全国から2つ以上の地点（都会、地方都市及びルーラルから重複しない地点。いずれも地表面では十分な電界強度となる地点。）を選定。
 - 地点ごとに上空の複数の高度において、電界強度の測定を実施し、下記の計算機シミュレーションとの対比でTDD帯の上空における電波伝搬特性を検討する。

- 測定地点、手法等
 - 測定地点：都会、地方都市、ルーラルから1地点ずつ選定（P6、8参照）。
 - 測定手法：ヘリ、ドローンに測定器を搭載し、上空にて測定。
 - 測定周波数帯：3.4/3.5GHz帯、4.5GHz帯、28GHz帯（NTTドコモ運用周波数）。
 - 測定高度：ヘリによる測定では、安全性を考慮し、600~1,500mの間で複数高度を測定。ドローンによる測定（28GHz）については、~200m程度で測定。
 - 測定項目：周波数帯毎、高度毎に、以下の項目について上空の電界強度を測定。
 - 携帯電話基地局から送信されるLTE基準信号（RS：Reference Signal）の受信電力（Reference Signal Received Power:RSRP）
 - 受信品質（Reference Signal Received Quality：RSRQ）
 - 受信した信号がどの基地局、セルからの信号かを識別する物理セルID（Physical Cell ID:PCI）及びCID（Cell ID）
 - 測定場所の緯度、経度情報（GPS）
 - 携帯電話基地局から送信されるRSは基地局毎に固定した電力で送信されるため、伝搬損失（パスロス）の算出に用いることが可能。受信したRSのPCD、CIDと測定時の高度、緯度・経度情報から、伝搬距離に対するパスロスを測定する。

- 伝搬モデルの考察
 - 測定地点におけるドコモの基地局設置位置の情報に基づき、計算機シミュレーションによる電界強度を計算する。
 - 上空では見通し伝搬であることが想定されるため、電波伝搬モデルには自由空間伝搬損失モデルを用い、下記の式で受信電力値を計算。
**（電界強度） = （基地局送信電力） - （基地局給電線損失） + （基地局アンテナ利得） - （指向性減衰量）
 - （伝搬損失モデルから得られるパスロス） + （測定器アンテナ利得） - （測定器ケーブル損失）**

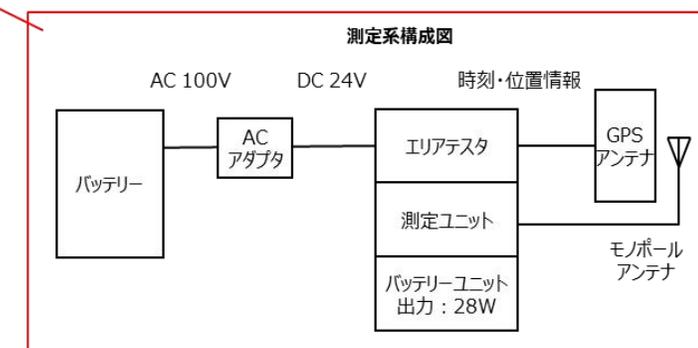
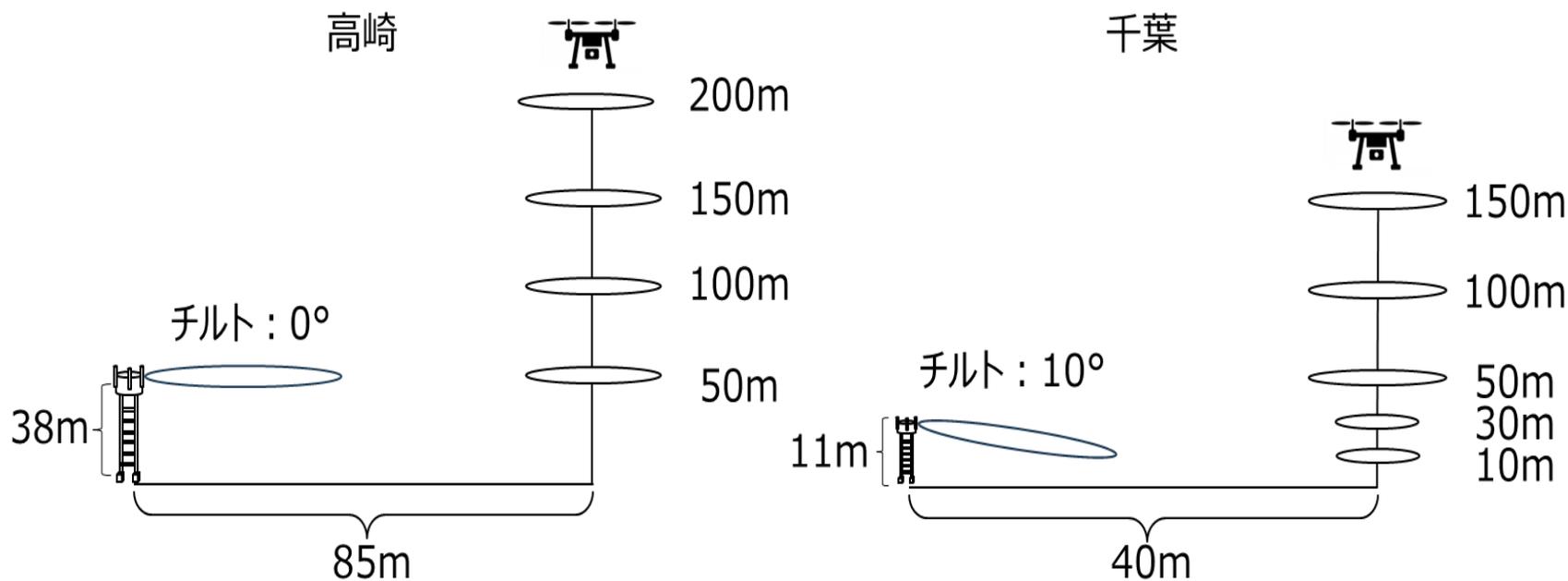
2-A. ヘリによる上空測定概要

- 測定日：2024年1月27日（土）
- 測定エリア：都市、地方都市、ルーラルについて、NTTドコモ基地局が存在し、かつ、ヘリコプターが安全に飛行可能なエリアを選定。
- 測定周波数：3.4/3.5GHz帯、4.5GHz帯、28GHz帯（いずれもNTTドコモ基地局送信波を測定）
- 測定高度：600m、1,000m、1,500m
- 測定系：下図参照



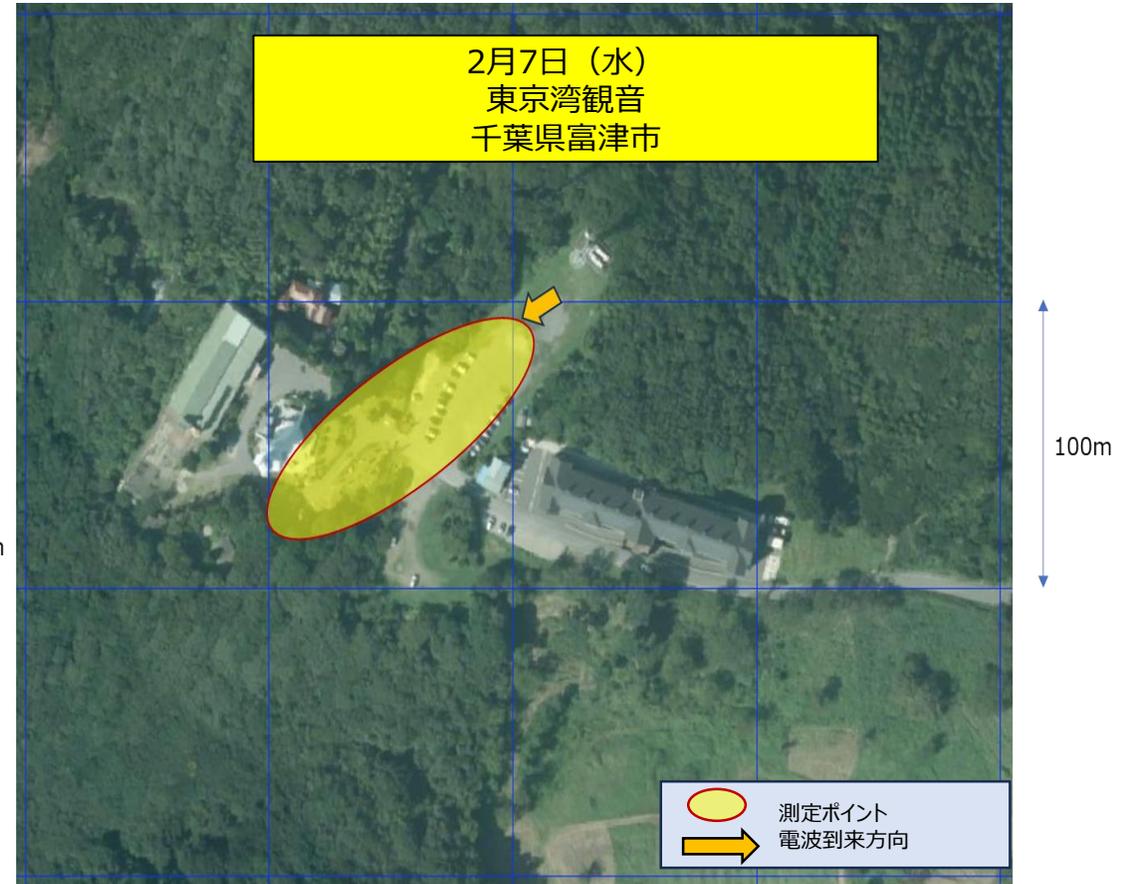
2-A. ドローンによる上空測定概要

- 28GHz帯ではヘリによる上空測定では有効なデータが取得できなかったため、ドローンを用いた低高度での測定を実施。
- 具体的には、以下の通り。
 - 測定手法：ドローンに測定機器を搭載して測定。測定系は下図参照。
 - 測定場所：NTTドコモ28GHz帯基地局が存在し、かつ、ドローンを安全に飛行可能な場所から以下の2か所（高崎と千葉）を選定（詳細は次頁参照）。
 - 測定高度：基地局アンテナより40m（千葉）、85m（高崎）離れた地点の複数高度について、各高度5分程度の測定を実施。



2-A. ドローンによる上空測定概要(2)

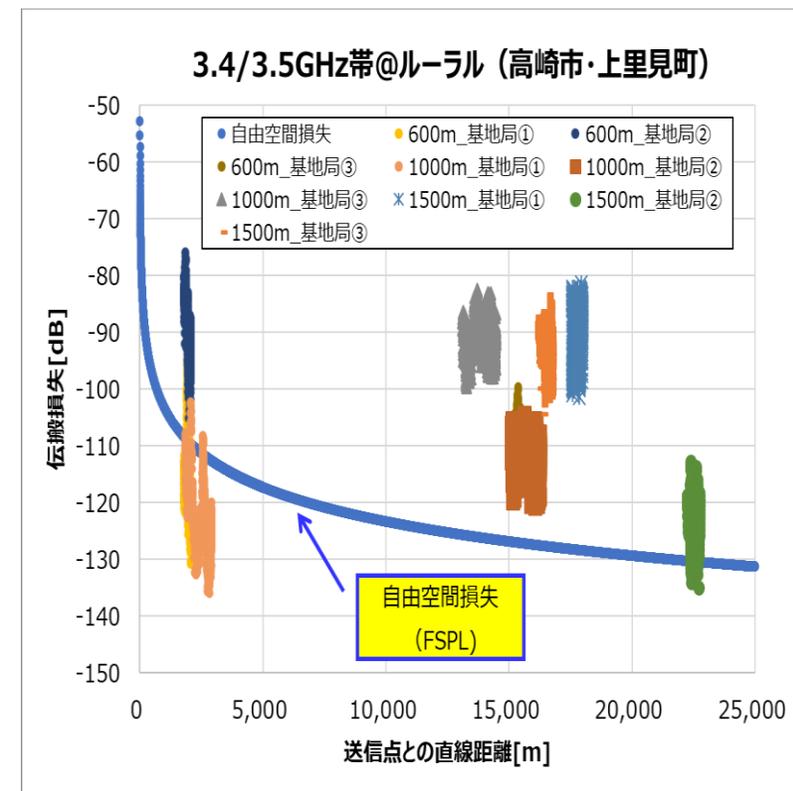
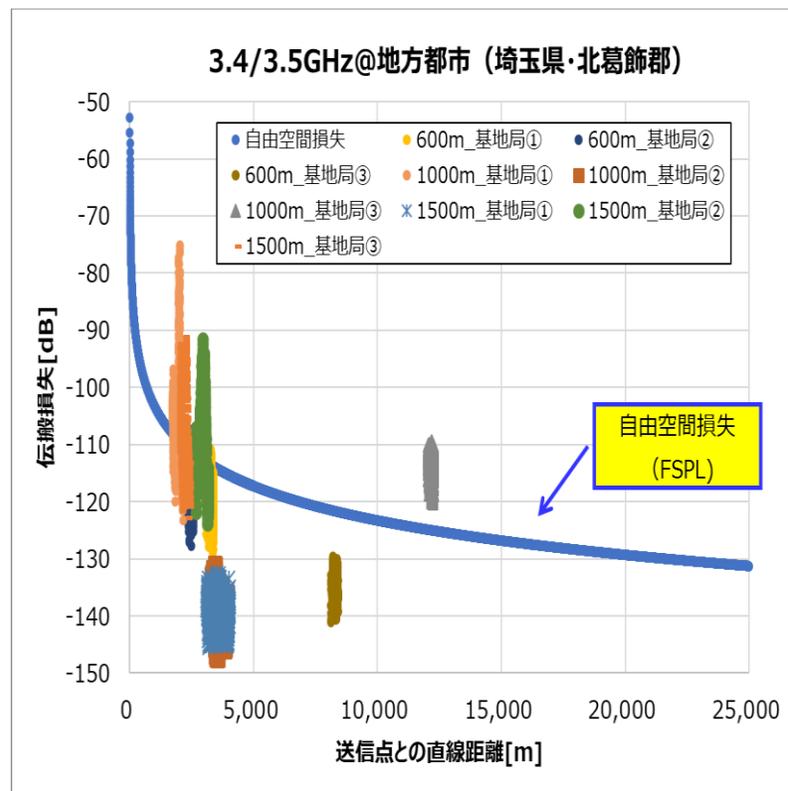
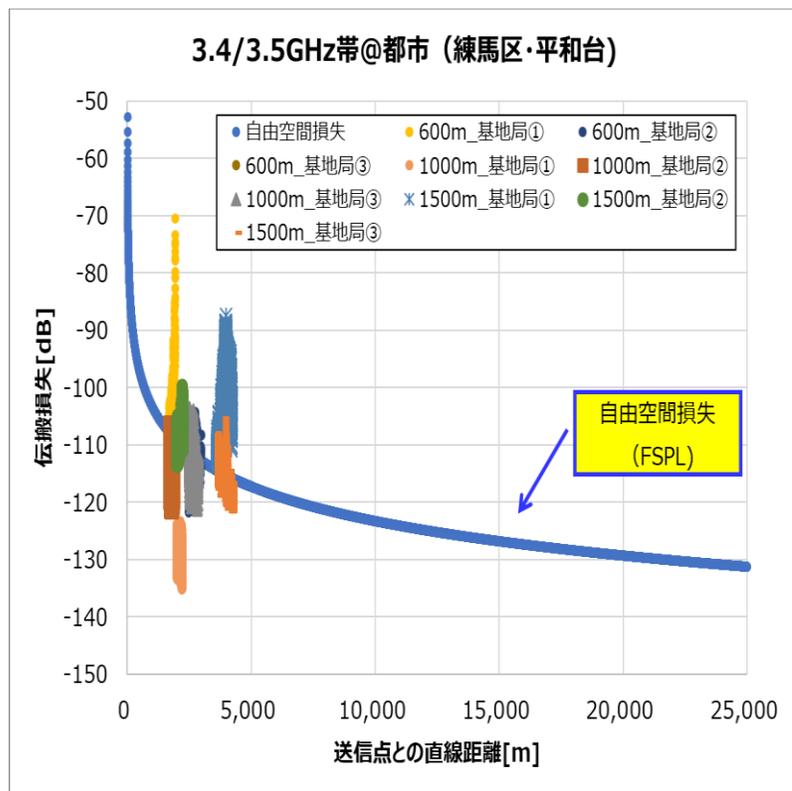
- 測定場所詳細は、以下の通り。



2-A. ヘリによる上空測定結果（3.4/3.5GHz帯）

- 3.4/3.5GHz帯の測定結果を以下に示す。
- 測定結果は、概ね自由空間伝搬損(FSPL)と一致していると考えられる（※）。**

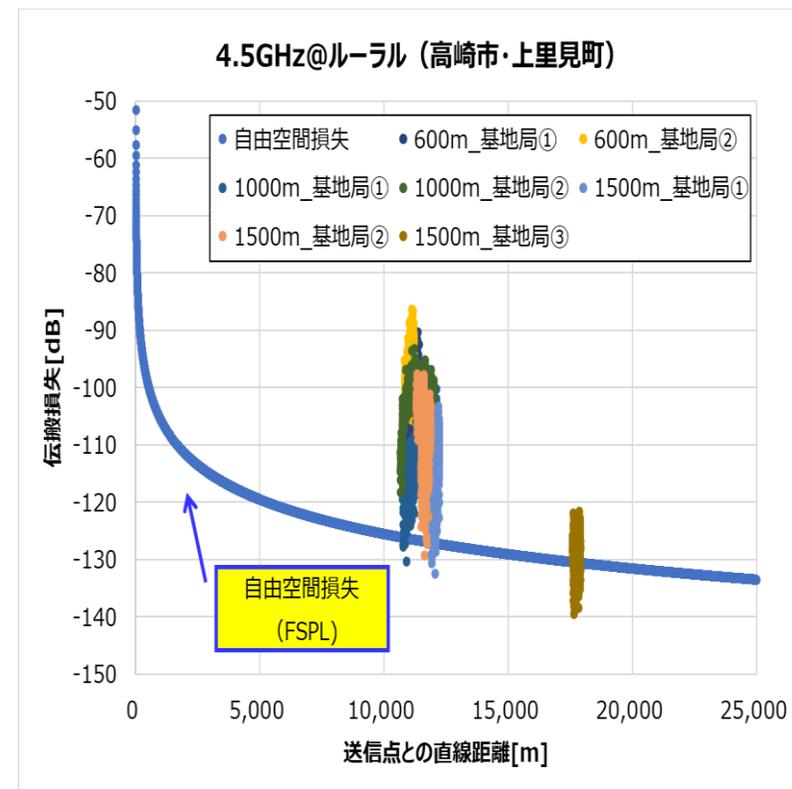
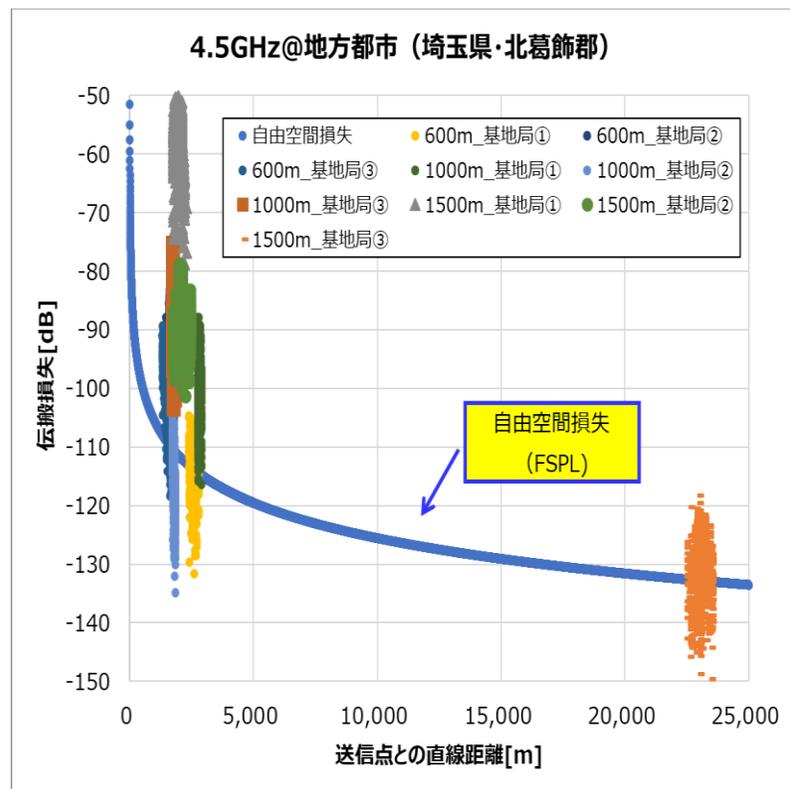
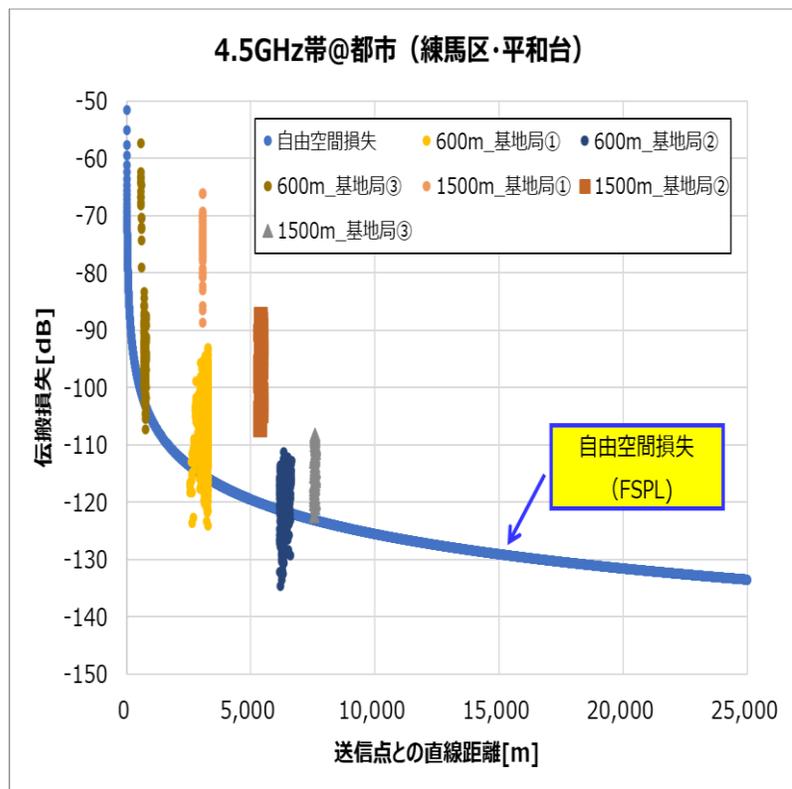
（※）一部の測定結果（特に、送信点との直線距離が長い場合）では、FSPLよりも損失が少くなっているように見える。FSPLから大きく乖離している測定点から基地局の方向は、いずれも基地局送信アンテナ利得のサイドローブに当たっているため、測定誤差が含まれていると考えられる。ヘリで測定する場合、機体の揺れを完全に排除することは困難であるため、伝搬距離が長い場合、わずかな角度のずれが、アンテナ利得差を大きくするため、測定誤差が増えると考えられる（参考2-1参照）。



2-1. ヘリによる上空測定結果（4.5GHz帯）

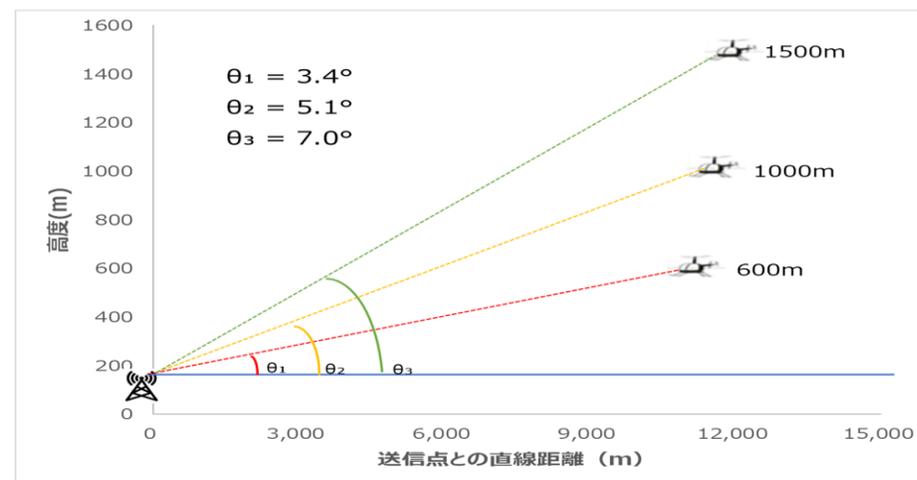
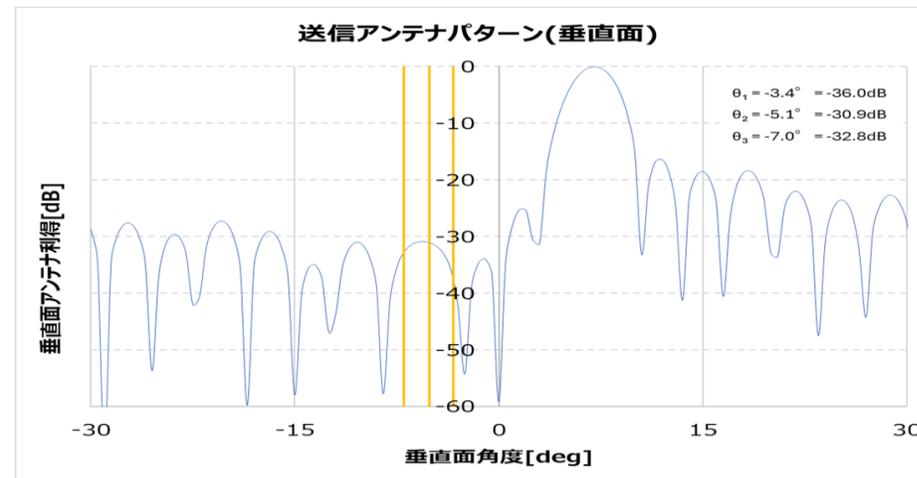
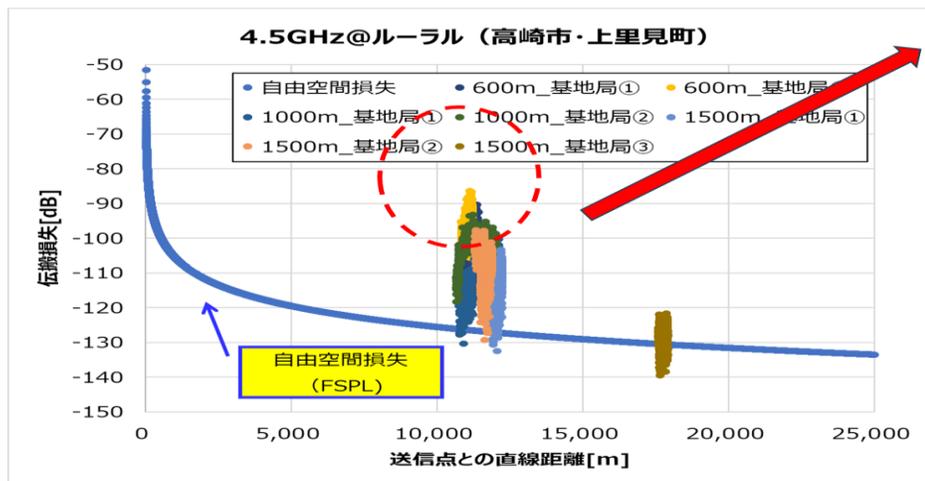
- 4.5GHz帯の測定結果を以下に示す。**測定結果は、概ね自由空間伝搬損(FSPL)と一致していると考えられる（※）。**

（※）一部の測定結果（特に、送信点との直線距離が長い場合）では、FSPLよりも損失が少なくなっているように見える。FSPLから大きく乖離している測定点から基地局の方向は、いずれも基地局送信アンテナ利得のサイドローブに当たっているため、測定誤差が含まれていると考えられる。ヘリで測定する場合、機体の揺れを完全に排除することは困難であるため、伝搬距離が長い場合、わずかな角度のずれが、アンテナ利得差を大きくするため、測定誤差が増えると考えられる（参考2-1参照）。



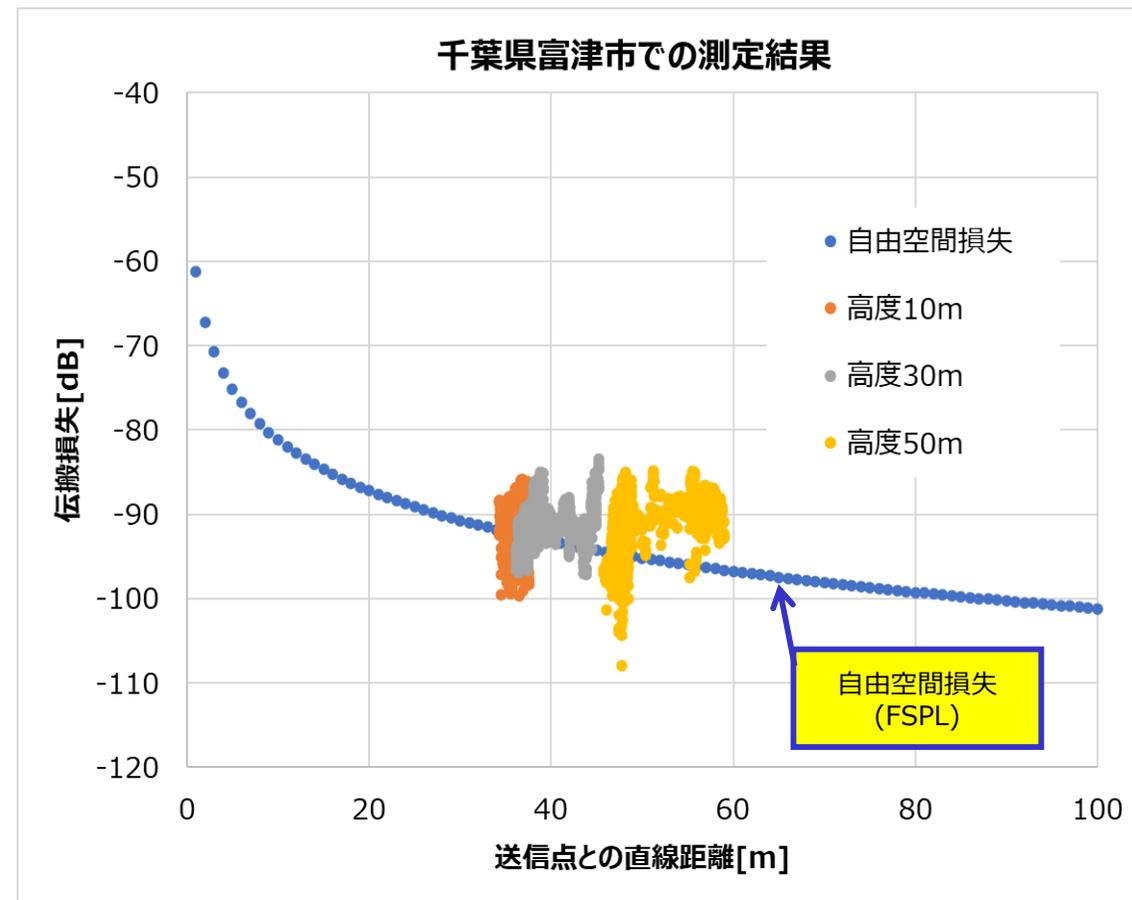
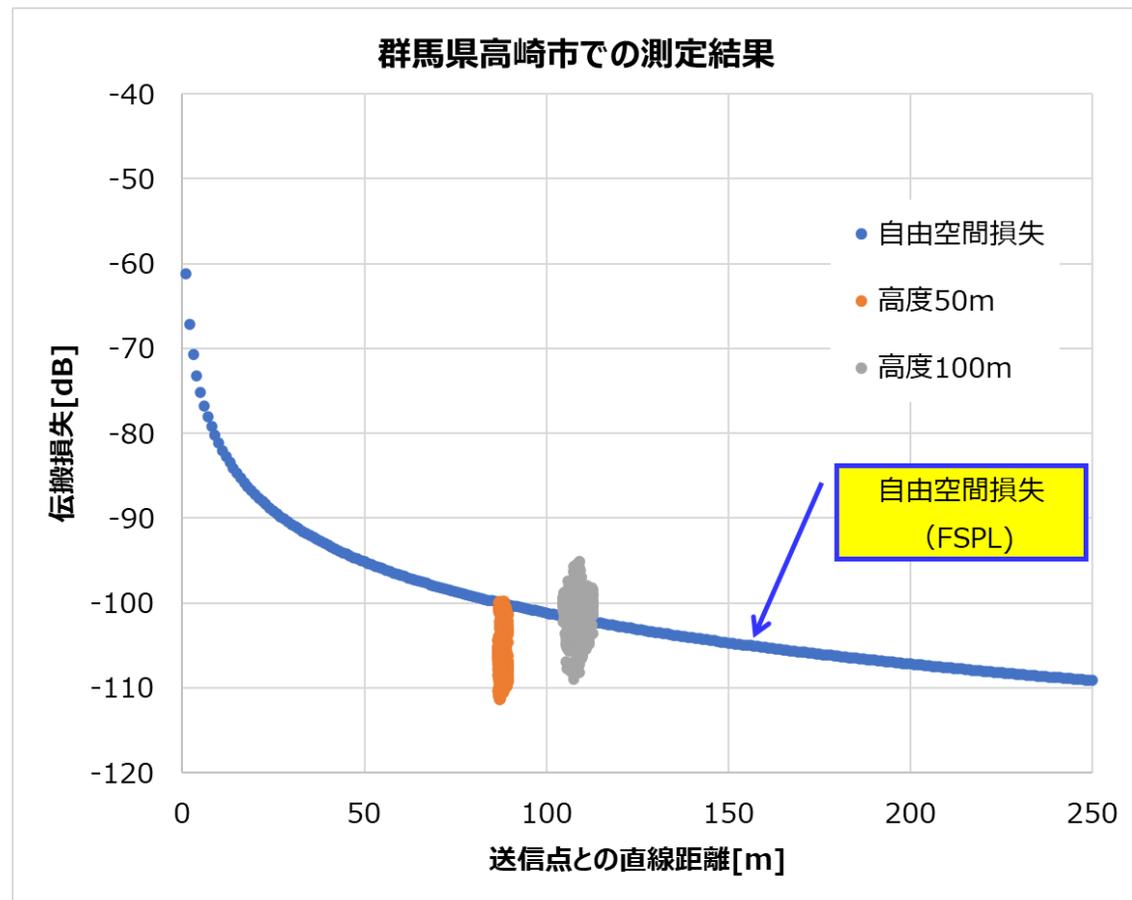
(参考2-1) ヘリによる上空測定におけるFSPLからのずれの分析

- ヘリによる上空測定において、いくつかの測定結果（特に、送信点との直線距離が長い場合）は、FSPLよりも損失が少なくなっているように見える。
- これらの測定点から基地局へ方向は、下図に示すように、いずれも基地局送信アンテナ利得のサイドローブに当たっている。
- ヘリで測定する場合、機体の揺れを完全に排除することは困難であるため、伝搬距離が長い場合、わずかな角度のずれが、アンテナ利得差を大きくするため、測定誤差が増えると考えられる。



2-A. ドローンによる上空測定結果（28GHz帯）

- 28GHz帯については、ヘリによる測定では測定できなかったため、ドローンを用いた低高度での測定を実施した。
- 測定結果を以下に示す。高崎では、ドローンの高度が概ね100mを超えるあたりまでは、データを取得できたが、千葉では、100m以下でしかデータ取得ができなかった。これは、高崎の基地局のチルト角が0度であるのに対して、千葉では10度となっているためと考えられる（P7参照）。すなわち、ある一定の高度を超えると、受信電力が測定器の測定限界を下回ることにより、有効なデータを取得することができなかったと考えられる。
- 2つの測定エリアともに、測定結果は、概ね自由空間伝搬損(FSPL)と一致している。**



2-A. TDD帯の電波伝搬特性 まとめ

- ヘリ及びドローンに測定器を搭載し、地上の携帯電話基地局からの電波（3.4/3.5GHz帯、4.5GHz帯、28GHz帯）を上空で測定した。
- 実測結果から算出した伝搬損失は、自由空間伝搬モデルとよく一致していることがわかった。
- 過去の情報通信審議会報告書（※1）においては、800MHz帯～3.5GHz帯において、上空測定と伝搬モデルについて考察されており、3.5GHz帯以下の携帯電話周波数帯において、自由空間伝搬モデルとよく一致していることが報告されている。
- **従って、過去の検討結果と今回の検討結果から、TDD帯（2.5GHz帯～28GHz帯）においても、上空利用においては、自由空間伝搬を前提に検討することが適切であると考えられる。**

※1 2023年1月24日 総務省情報通信審議会 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 報告

1. 調査検討の背景、調査検討項目

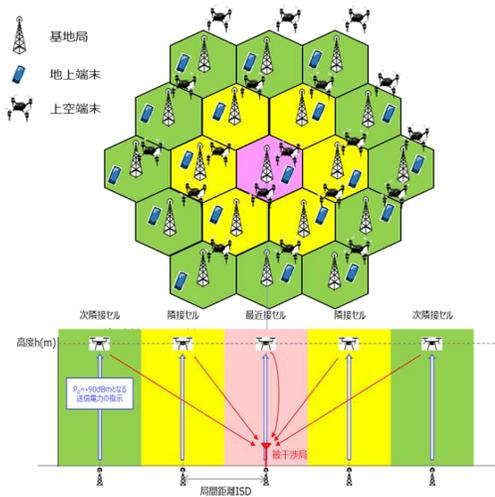
2. 地上の携帯電話等通信網に対する影響に関する検討
 - A) TDD帯電波伝搬特性検討

 - B) 携帯電話等の上空利用による地上携帯電話等通信網への影響

3. 遠方捕捉問題の解決手法に関する検討

2-B. 過去の検討※1の振り返りと今回の検討手法

- 過去の検討※1の振り返り
 - 過去の検討では、地上移動局からの干渉量を基準とし、上空移動局を配置した際に、被干渉局（携帯電話基地局）が受信する干渉量の差を机上計算し、影響度合いを評価している。
 - 具体的には、3GPP 19セルモデルにおいて、実際の送信電力制御動作を模擬するシステムレベルシミュレーションにより、上空用送信電力制御方式を適用した時の干渉軽減効果について評価している。
 - その結果、上空用送信電力制御を適用すれば、基地局への与干渉は適切に抑制できることを示している（2.5GHz帯では、ワーストケースで2.3dBの干渉増加に抑制されている）。
- 今回の検討手法
 - 上述したように、過去の検討において、上空用送信電力制御を適用すれば、地上移動局と比較した時の干渉増加量は概ね2dB程度に抑えられることがわかっている。
 - 過去の検討は、TDD帯のうち、2.5GHz帯、3.5GHz帯においても検討を行っていること、携帯電話等システムの基本的な動作は運用帯域に関わらず同じであることから、今回の調査検討対象であるTDD帯においても、上空用送信電力制御の効果が得られることは明らかである。
 - 従って、**今回は、上空用送信電力制御の効果を評価するのではなく、移動局の送信電力値をパラメータとして、送信電力をどの程度下げれば干渉影響を回避できるかを評価することとした。**このような評価方法であれば、現状、技術的条件に記載されている「適切な送信電力制御を行うこと」について、上空用送信電力制御を適用するだけではなく、移動局の送信電力を一律低下させるなどの他の方法においても、効果が得られるかどうかを評価できるからである。
 - この考え方に伴い、**検討手法としては、過去の検討において、他の無線システムとの共用検討で用いている、モンテカルロシミュレーション（確率計算）で評価を行うこととした。**
 - なお、本資料2章（地上の携帯電話等通信網に対する影響に関する検討）及び3章（遠方捕捉問題の解決手法の検討）においては、**被干渉システムとして、全国キャリアBWAシステム及び全国キャリア携帯電話システムを対象とする。地域BWA等やL5Gへの影響評価については、同一帯域を使用する上空移動局と地上通信網の免許人が異なる場合があるため、別資料で報告する「他の無線システムとの共用検討」の中で評価を行っている。**



セルレイアウト	19セル正規配置モデル、3セクタ構成	
帯域幅	20MHz	
基地局	局間距離(ISD)	200m(都会)、500m(地方都市)、1732m(ルール)
	セル半径(d)	100m(都会)、250m(地方都市)、866m(ルール)
	空中線関連	情通審における共用検討と同じ
移動局	合計台数	合計855台(=45台/セル×19セル) 上空台数：1台/セル、3台/セル、9台/セル
	高度	地上：1.5m 上空：高度一定(3m/30m/75m/150m/500m/1000m/1500m)
	送信電力	地上：情通審共用検討で用いている送信電力制御 上空：上空用送信電力制御適用
伝搬モデル	地上：3GPPモデル：UMa(都市部)、UMa(地方都市)、RMa(ルール) 上空：自由空間伝搬	

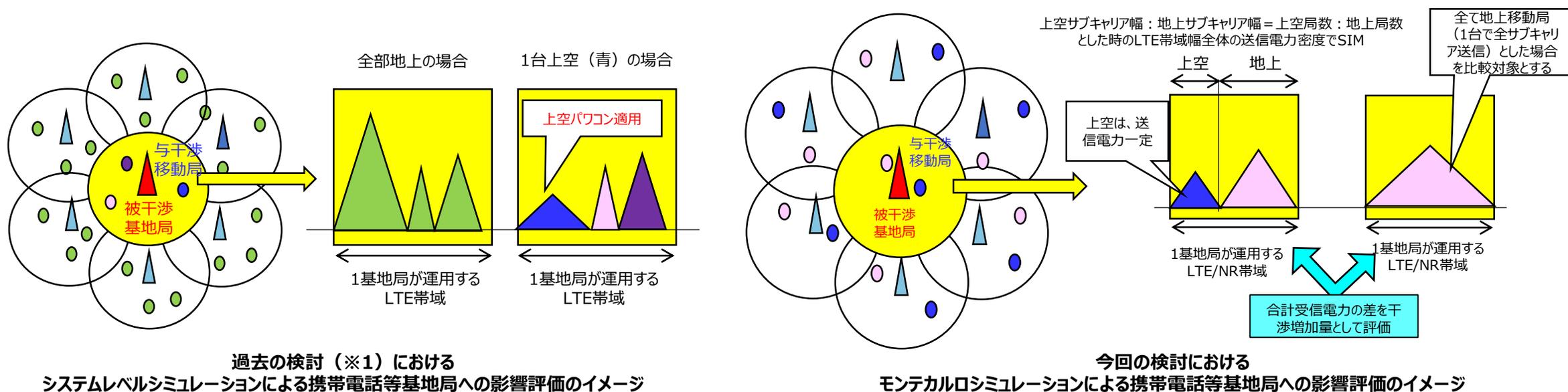
上空用送信電力適用時の効果（※1より抜粋）
（2.5GHz帯、上空移動局数9台/セル（合計171台））

	高度(m)	干渉増加量(dB)						
		3	30	75	150	500	1000	1500
都会	地上	-0.2	0.9	1.2	0.5	0.2	-0.5	-0.6
	上空	0.9	4.4	5.8	3.7	2.6	0.8	-0.2
	差							
地方都市	地上	-0.7	-0.4	-0.7	0.0	-0.8	-0.8	-1.6
	上空	2.0	2.8	2.6	3.4	2.0	1.2	-0.9
	差							
ルール	地上	-0.6	0.5	1.6	2.3	0.8	1.4	1.0
	上空	1.1	4.0	6.0	7.2	4.2	4.4	2.8
	差							

過去の検討（※1）における地上携帯電話基地局への影響評価の手法（3GPP 19セルモデルでシステムレベルシミュレーションを実施）

(参考2-2) 検討における移動局台数の考え方

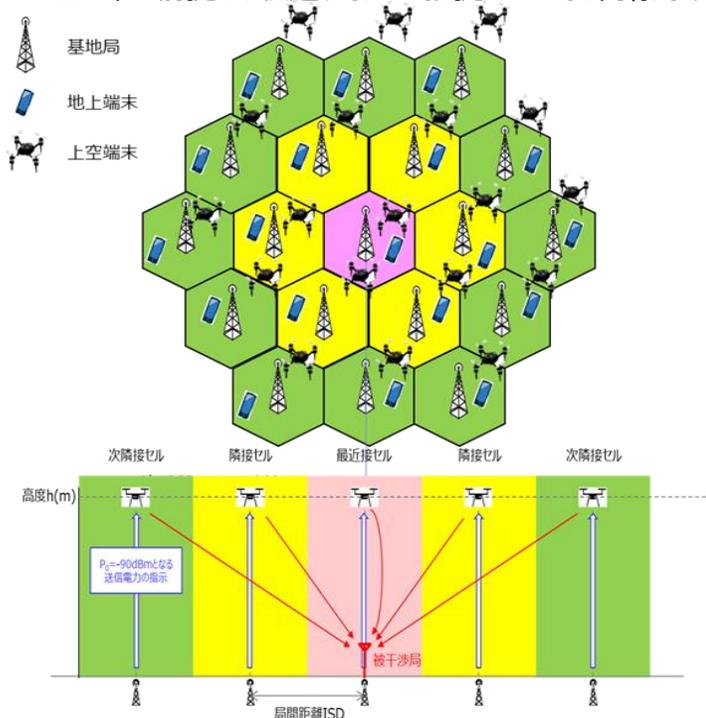
- 過去の検討（※1）では、以下の設定でシステムレベルシミュレーションを実施している。
 - 19セルの中心セルにある携帯電話基地局（上図の赤色基地局）が、19セル内の全ての地上移動局から受信する電力と、上空移動局から受信電力の合計値の差を干渉増加量として評価。
 - LTE/NRシステムでは、同一基地局配下に存在する移動局は、同じタイミングで同じSubキャリアを送信しないように基地局により制御されている。システムレベルシミュレーションでは、各セルに設定されている移動局について、実際の動作と同様に、別々のSubキャリアで送信するようにシミュレートしている。
 - 従って、移動局数を複数台としてシミュレーションしていても、同一セル内では、同じタイミングで、同じSubキャリアで送信する移動局は常に1台となっている。
- 今回の検討では、汎用ソフトであるSEAMCATを用いて、モンテカルロシミュレーションにより評価しているため、過去の検討のように、Subキャリアの送信タイミングまで精密に制御したシミュレーションができない。そのため、以下のような工夫を施すことで、複数移動局台数における評価を実現している。
 - 各セルに、地上移動局と上空移動局の2台を設定する。
 - この時、「1基地局配下の上空移動局数：1基地局配下の地上移動局数 = 1基地局配下の上空移動局のSubキャリア幅：1基地局配下の地上移動局Subキャリア幅」と考える。
 - さらに、シミュレーションを行う際に、移動局の送信電力密度に、移動局台数比を送信幅の比率として重みづけすることで、移動局数の差による評価を実現する。



※1 2020年3月31日及び2023年1月24日 総務省情報通信審議会 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 報告

2-B. 今回の検討手法（BWA帯、Sub6帯の場合）

- BWA帯及びSub6帯については、過去の検討（※1）と同じ3GPP 19セルモデルを採用（BWA帯、Sub6帯については、マクロ局で運用されていることが多いことから、3GPP19セルモデルでの検討が適当）。
- 過去の検討では、2.5GHz帯について、LTE基地局のパラメータを用いて検討を行っているため、今回の検討でもBWA帯の基地局のパラメータにはLTE基地局のパラメータを採用した。
- Sub6帯の検討対象周波数帯は、3400～5000MHzまでであるが、上述したように、Sub6帯の中では、マクロ基地局で運用されることが多いため、干渉発生形態は、周波数帯によらず同様と想定される。そのため、必ずしも、全ての携帯電話システム運用周波数帯で評価する必要が無いと考えられる。
- 今回は、2-1章で実際に上空測定を行った3.4/3.5GHz帯と4.5GHz帯のみで地上携帯電話等通信網への影響評価を行った。3.4/3.5GHz帯と4.5GHz帯は、Sub6帯の下側の周波数ブロック（3400～4100MHz）と上側の周波数ブロック（4500～5000MHz）の一番低い周波数（最も伝搬損が小さい）であり、各周波数ブロックにおけるワーストケースでの検討ができると考えられるからである。
- Sub6帯の前提は、後述する遠方捕捉についても同様である。



BWA帯、Sub6帯でモンテカルロシミュレーションにより携帯電話等基地局への影響を評価する場合の検討モデル

モンテカルロシミュレーションでの設定（無線特性は、参考2-3、2-4参照）

セルレイアウト	19セル正規配置モデル、3セクタ構成(左図参照)	
周波数	BWA帯（2.5GHz帯） Sub6帯（3.4/3.5GHz帯、4.5GHz帯）	
基地局	帯域幅	20MHz(2.5GHz帯、3.4/3.5GHz帯)、100MHz(4.5GHz帯)
	局間距離(ISD)	200m(都会)、500m(地方都市)、1732m(ルーラル)
	セル半径(d)	100m(都会)、250m(地方都市)、866m(ルーラル)
移動局	合計台数	過去の検討と同じ条件とする 合計855台(=45台/セル×19セル)とし、上空台数を1台/セル、3台/セル、9台/セルとする
	高度	地上：1.5m 上空：3/30/75/150/500/1000/1500m及びランダム（1.5～1,500m）
	送信電力	地上：情通審の共用検討で用いている送信電力制御 上空：一定値で評価（パラメータとする）
伝搬モデル	地上：3GPPモデル：UMa(都市部)、UMa(地方都市)、RMa(ルーラル) 上空：自由空間伝搬	

※1 2020年3月31日及び2023年1月24日 総務省情報通信審議会 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 報告

2-B. 今回の検討手法（mmW帯の場合）

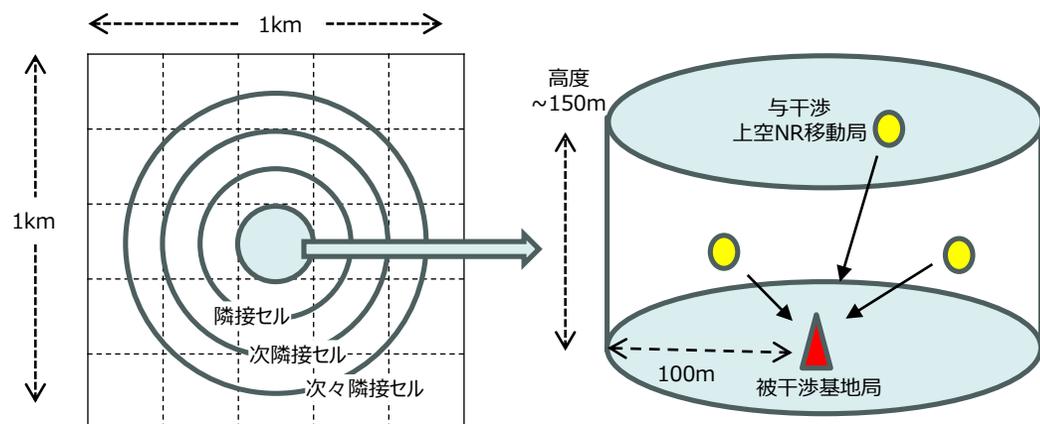
- mmW帯は、電波伝搬特性から、Sub6帯とは異なるセル配置になると想定されるため、ITU-Rでの検討で用いられている基地局密度（※1）を引用し、以下のような検討モデルとした。
- mmW帯検討モデル
 - 帯域幅：400MHz
 - セルサイズ：環境によらず、100m一定（情通審での共用検討での設定や、実際の28GHz帯の伝搬特性を踏まえて設定）
 - 上空NR移動局高度：環境によらず、150mまで
 - 移動局台数：環境によらず、地上+上空合計で3台/セル（※2）
 - 基地局配置：下表参照

ITU-R基地局密度から策定した基地局配置

		都会	地方都市	ルール
1km ² 当たりの基地局数 ※1		30	10	1
ITU-R 基地局密度を基に 策定した基地局配 置	自セル数	1	1	1
	隣接セル数	6	3	
	次隣接セル数	12	6	
	次々隣接セル数	11		

モンテカルロシミュレーションでの設定（無線特性は、参考2-3、2-4参照）

周波数		28GHz帯
基地局	帯域幅	400MHz
	局密度	ITU-Rモデル（左表）：都会30基地局/km ² 、地方都市10基地局/km ² 、ルール1基地局/km ²
	セル半径	100m一定
移動局	合計台数	地上+上空合計3台/セルとし、地上3台/セルと、以下の2ケースを比較する ①地上2台/セル+上空1台/セル、②地上1台/セル+上空2台/セル
	高度	地上：1.5m 上空：3/30/75/150m及びランダム（1.5~150m）
	送信電力	地上：情通審の共用検討で用いている送信電力制御 上空：一定値で評価（パラメータとする）
伝搬モデル		地上：3GPPモデル：UMa(都市部)、UMa(地方都市)、RMa(ルール) 上空：自由空間伝搬



mmW帯でモンテカルロシミュレーションにより携帯電話等基地局への影響を評価する場合の検討モデル

※1 Document 5-1/36-E Att.2

※2 情通審共用検討での設定“5MHz、1km²あたり3台”から算出

(参考2-3) 上空移動局の検討パラメータ

- 携帯電話等通信網への干渉影響、遠方捕捉問題、他の無線システムとの共用検討に用いた移動局のパラメータは下表の通り。

項目	上空BWA移動局 ※1	上空LTE移動局※1	上空NR移動局※1	
周波数帯	2.5GHz帯	3.4/3.5GHz帯	3.7/4.5/4.6/4.7/4.8/4.9GHz帯	28GHz帯
送信帯域幅	20MHz	20MHz	100MHz	400MHz
空中線電力	29dBm ※2	23dBm	29dBm ※2、23dBm(4.0-4.1/4.6-4.8GHz)	35dBm ※2
空中線電力密度	16dBm/MHz	10dBm/MHz	9dBm/MHz	9dBm/MHz
空中線利得	4dBi ※2	0dBi	0dBi ※2	20dBi ※2
アンテナパターン	オムニ	オムニ	オムニ	指向性 (平均パターン) 図1参照 ※2
給電線損失	0dB ※2	0dB	0dB ※2	0dB ※2
EIRP	33dBm	23dBm	29dBm	55dBm
EIRP密度	20dBm/MHz	10dBm/MHz	9dBm/MHz	29dBm/MHz ※2
不要発射強度	2530-2535MHz : -25dBm/MHz	隣接CH漏洩電力 チャンネル帯域幅/2+2.5MHz離調 : Max(-33dBc, -50dBm/3.84MHz) チャンネル帯域幅/2+7.5MHz離調 : Max(-36dBc, -50dBm/3.84MHz) チャンネル帯域幅MHz離調 : Max(-30dBc, -50dBm/チャンネル帯域幅MHz)	隣接CH漏洩電力 Max(-31dBc, -50dBm/MHz)	隣接CH漏洩電力 -17dBc
	2655MHz~ : -13dBm/MHz	スプリアス -36dBm/ 1 kHz (9 KHz-150kHz) -36dBm/10kHz (150kHz-30MHz) -36dBm/100kHz (30MHz- 1 GHz) -30dBm/MHz (1 GHz-18GHz)	スプリアス -30dBm/MHz	スプリアス -13dBm/MHz
地域BWA共用検討値 :	-10.8dBm/MHz			
その他損失	0dB	地上 8dB ※3 上空 0dB	8dB ※3 上空 0dB	0dB ※2
許容干渉レベル	-112dBm/MHz	-111dBm/MHz ※4	-111dBm/MHz ※4	-110dBm/MHz ※4
空中線高	地上移動局	1.5m		1.5m
	上空移動局	3/30/75/150/500/1000/1500m、高度ランダム (1.5~1500m)		3/30/75/150m、高度ランダム(1.5~150m)
移動局数	基本セル内：地上 + 上空合計：855台 (= 45台/セル×19セル)、上空台数：1台/セル、3台/セル、9台/セル ※4 基本セル以遠：上空のみ配置 1台/セル、3台/セル、9台/セル ※5		基本セル内：地上 + 上空合計：3台/セル×セル数、上空台数：1台/セル、上空2台/セル 基本セル以遠：上空のみ配置 1台/セル、3台/セル、9台/セル ※5	

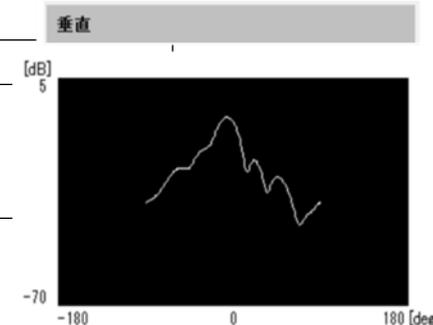
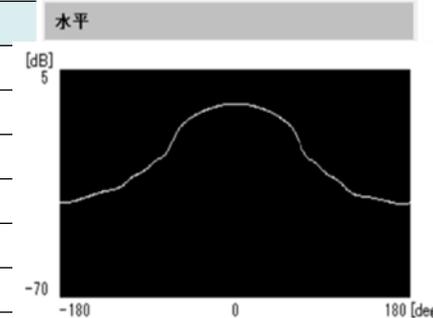


図1 HPUE(PC1) アンテナパターン

※1 2023年6月21日 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 報告 ※2 HPUE (PC1.5、28GHz帯はPC1) ※3 人体吸収損

※4 2018年7月31日 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 報告 ※5 過去の検討 (2023年1月24日 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 報告) と同じ条件を採用

(参考2-4) 基地局の検討パラメータ

- 携帯電話等通信網への干渉影響、他の無線システムとの共用検討に用いた基地局のパラメータは下表の通り。

被干渉（携帯電話等基地局）のパラメータ

項目	BWA帯、Sub6帯基地局 (LTE)※1	Sub6帯基地局 (NR)※2	mmW帯基地局 (NR)※1
周波数帯	2.5/3.4/3.5GHz帯	3.7/4.5/4.6/4.7/4.8/4.9GHz帯	28GHz帯
受信帯域幅	20MHz	100MHz	400MHz
空中線利得	17dBi	約23dBi 素子当たり5dBi、素子数8×8	約23dBi 素子当たり5dBi、素子数8×8
アンテナパターン	図1参照	図2参照 ※3	図3参照
給電線損失	5dB	3dB	3dB
機械チルト	6度	6度	10度
空中線高	40m	40m	6、15m
許容干渉レベル (帯域内)	-119dBm/MHz	-115dBm/MHz	-110dBm/MHz
許容干渉レベル (帯域外)	-43dBm	-52dBm (隣接20MHz幅) -43dBm (上記以外)	

※1 2013年7月24日 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
 ※2 2023年6月21日 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 報告
 ※3 2020年7月14日 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 報告

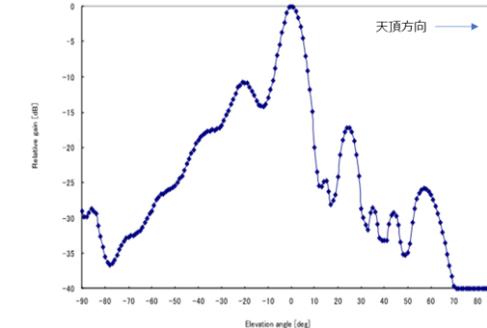
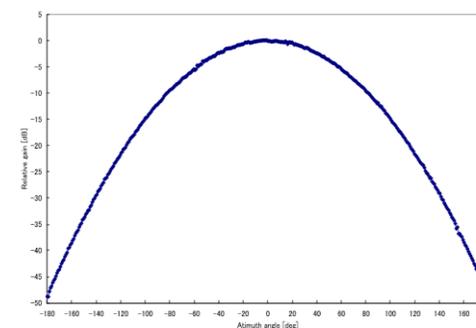


図1 BWA帯、Sub6帯基地局のアンテナパターン (右：水平、左：垂直)

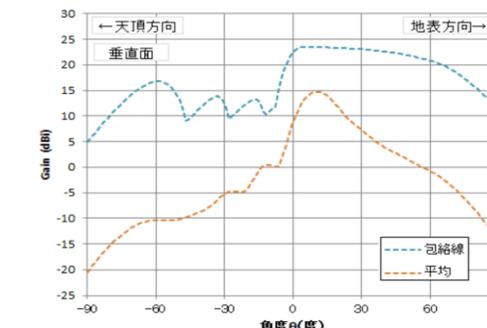
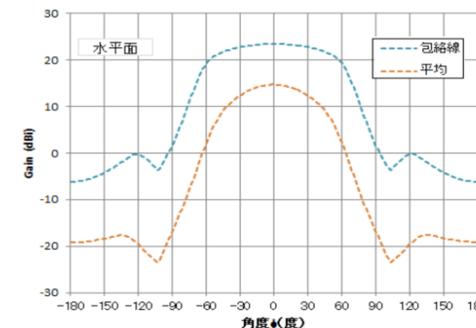


図2 Sub6帯NR基地局のアンテナパターン (右：水平、左：垂直)

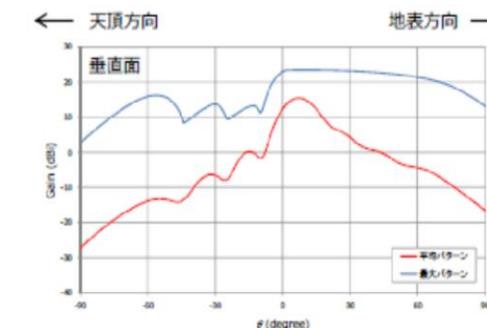
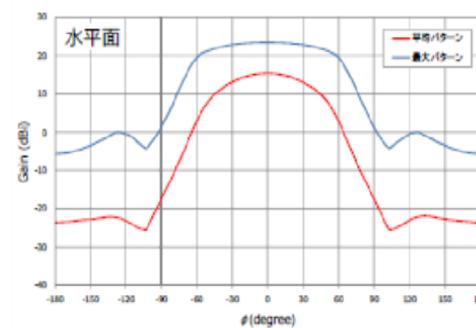
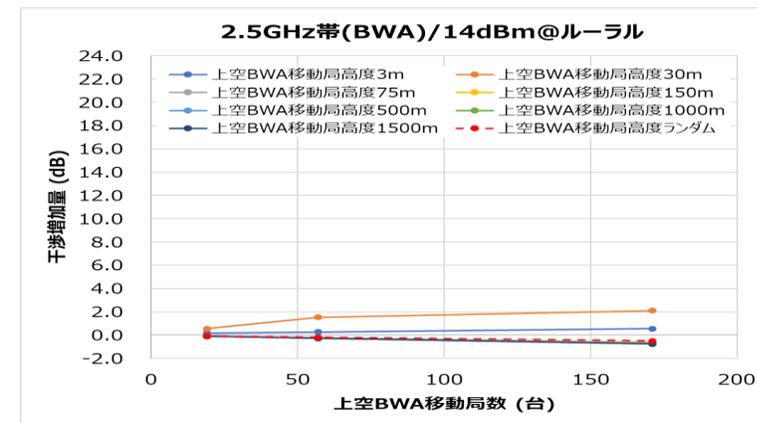
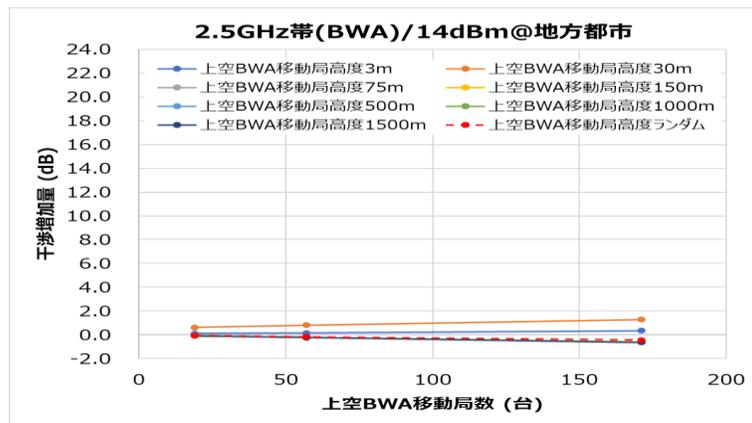
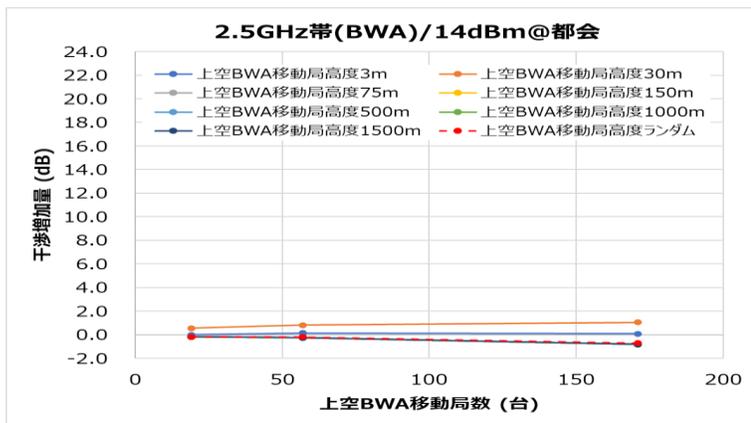
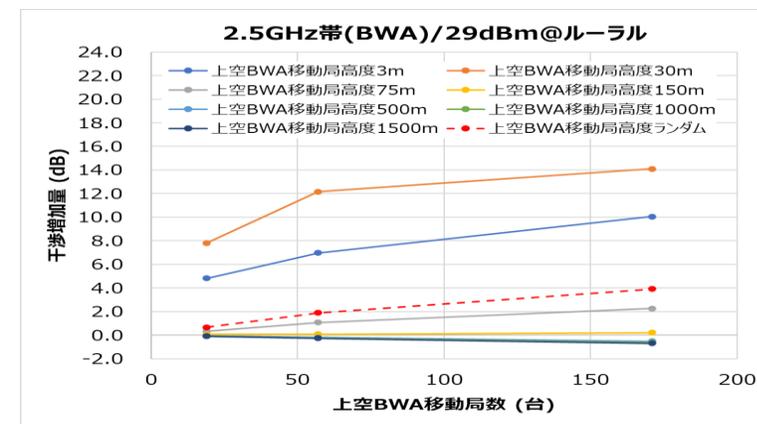
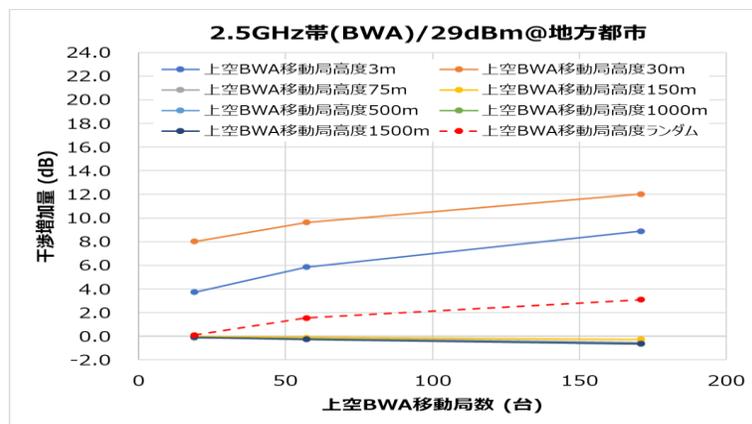
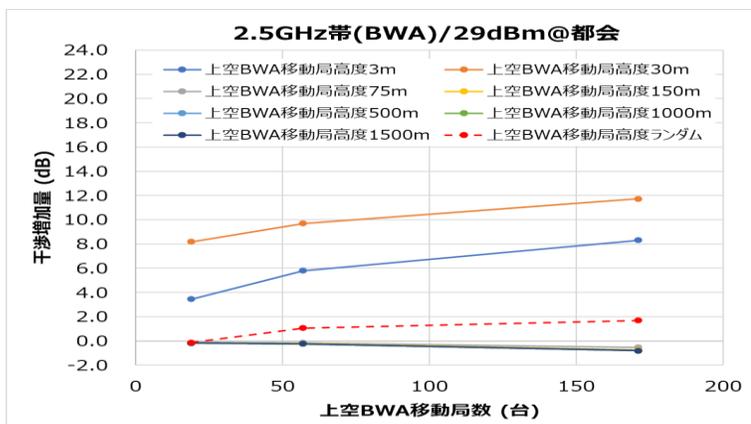


図3 mmW帯NR基地局アンテナパターン (右：水平、左：垂直)

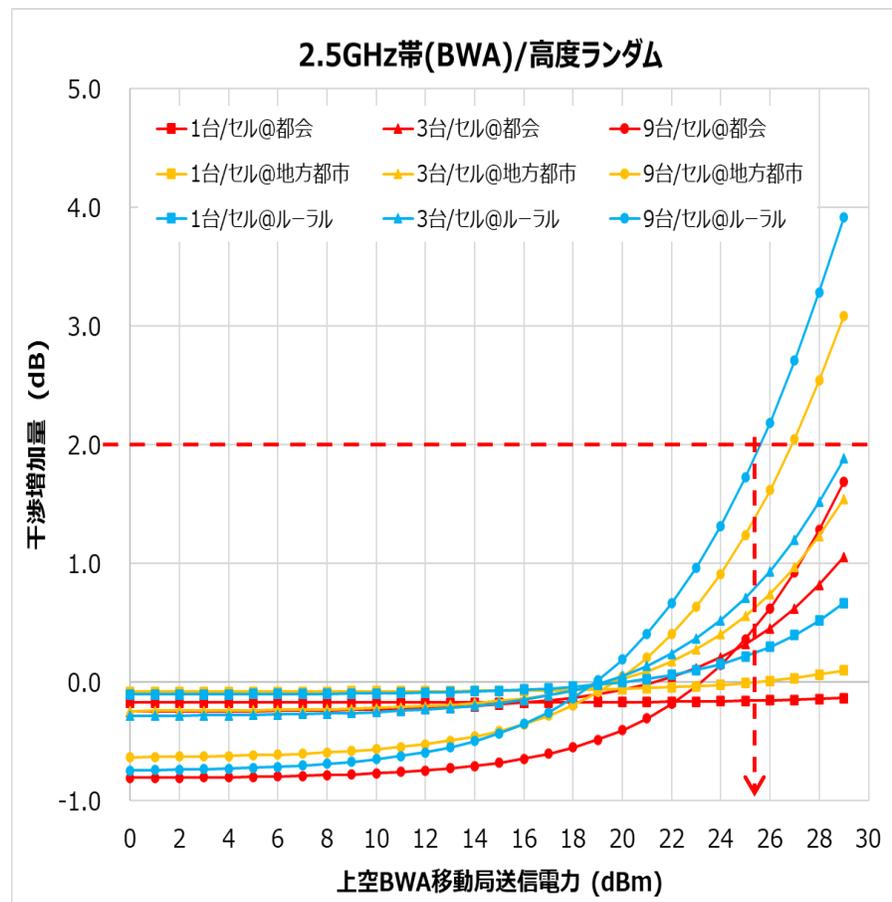
2-B. BWA帯の検討結果(高度一定の場合)

- 都会、地方都市、ルーラル地域において、上空移動局から基地局への干渉量が、地上移動局からの干渉量からどれくらい増加したかをシミュレーションした結果を、以下に示す。
- いずれの地域でも高度30mの時がワーストとなっているが、これは、基地局アンテナの主ビームに近い位置関係になるためと考えられる。また、送信EIRP最大の場合(=29dBm+4dBi)、干渉増加量が14dB程度になっており(ルーラル)、上空移動局に上空用送信電力制御を適用しても、低めの送信電力制御ターゲット値(=低品質)で運用する必要があると考えられる。
- 一方、送信電力値=14dBmの時には、過去の検討で示されている上空用送信電力制御適用時と同等の干渉増加量(=2dB程度)に抑えられていることがわかる。従って、送信電力値を一律に低下させて運用することでも、上空用送信電力制御と同等の効果が得られることがわかる。
- しかし、この評価は、全ての上空移動局が同一高度に存在する状態(過去と同じ前提=ワーストケース)での評価であり、実態とは異なると考えられる。そのため、高度をランダムに設定し、送信電力値をパラメータにしてシミュレーションを行った。結果は次頁参照。



2-B. BWA帯の検討結果(高度ランダムの場合)

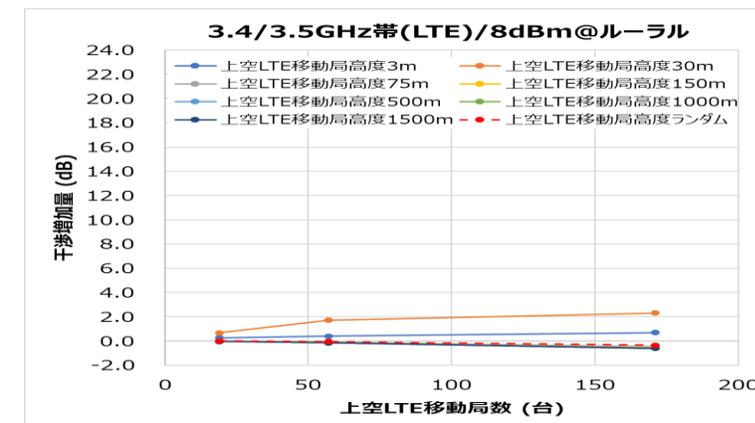
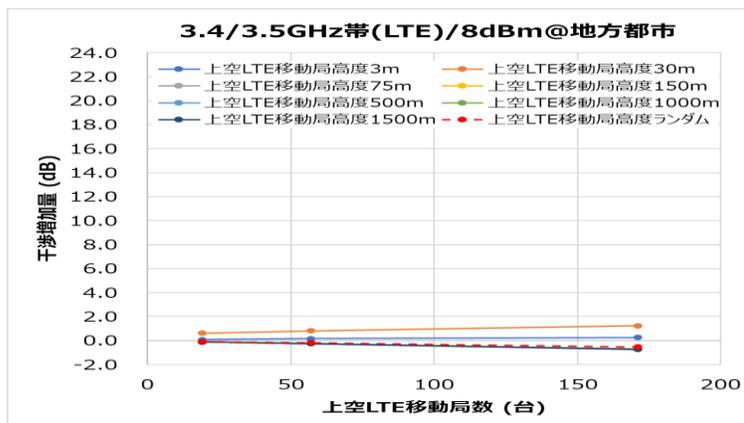
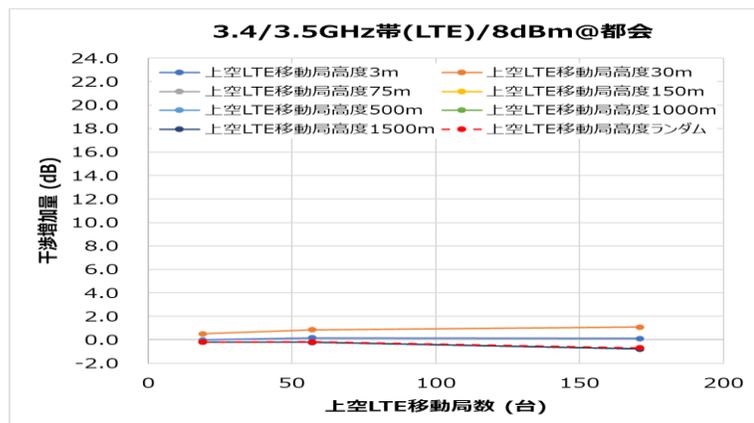
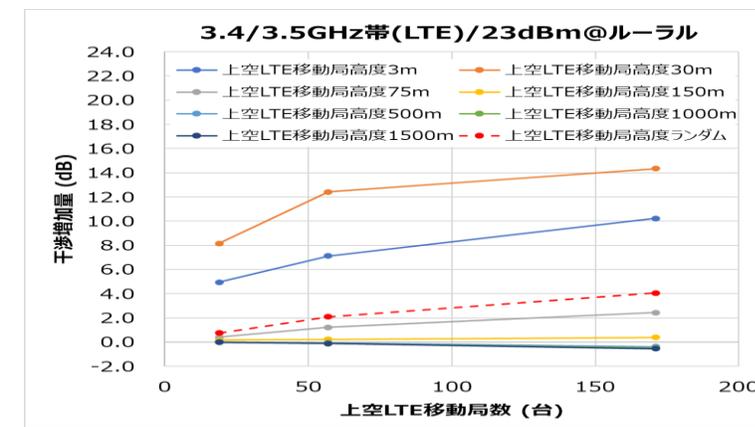
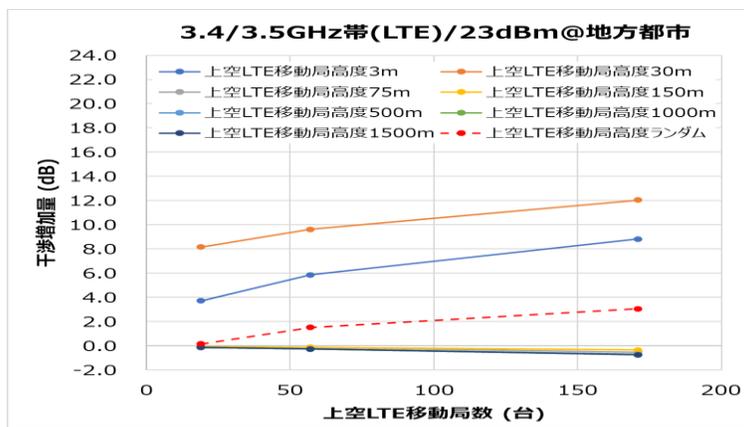
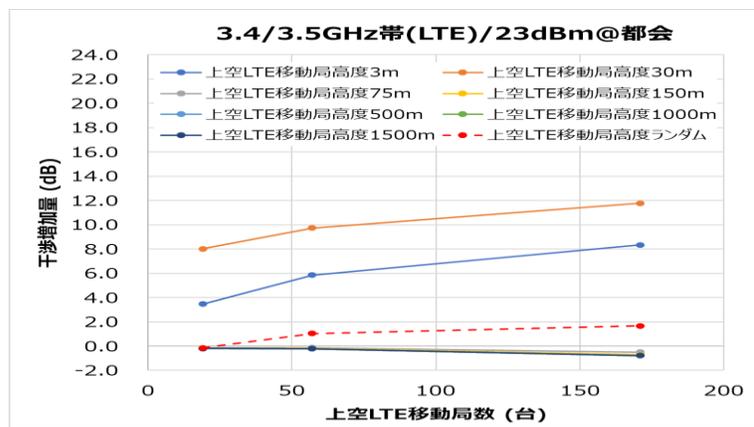
- 高度ランダムでシミュレーションした結果を下図に示す。SIM結果から、過去の検討結果と同じ干渉増加量2dB程度※1を実現しようとする場合、上空移動局の最大送信電力値は25dBmとなる。
- 前頁に示した結果と合わせて、干渉影響を抑制するには、「上空用送信電力制御を適用する」、「送信電力値上限を一律に設定する」等の方法が、効果があることがわかった。
- 干渉影響を受けるのは、上空移動局を運用している免許人自身の基地局であるため、免許人自身が、自らの上空サービス提供品質と、基地局への干渉影響度合いを勘案し、適切な送信電力制御手法（FDDと同様に上空用送信電力制御を適用する、上空移動局送信電力を一律に制限する等が考えられる）を選択することで、基地局への影響を適切に回避することが可能と考えられる。**



※1 2023年1月24日 総務省情報通信審議会 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 報告

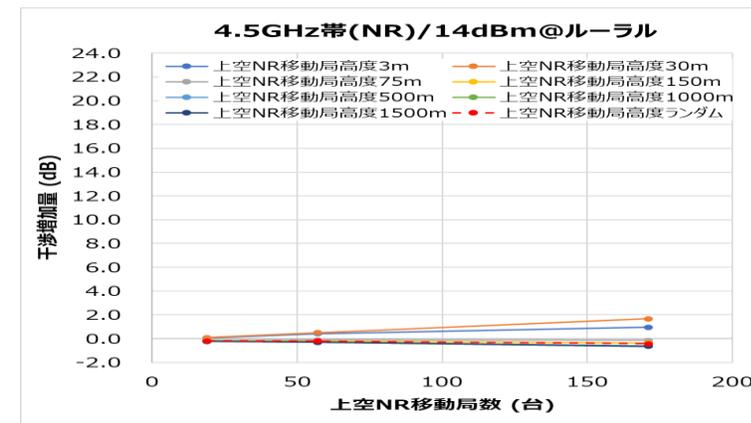
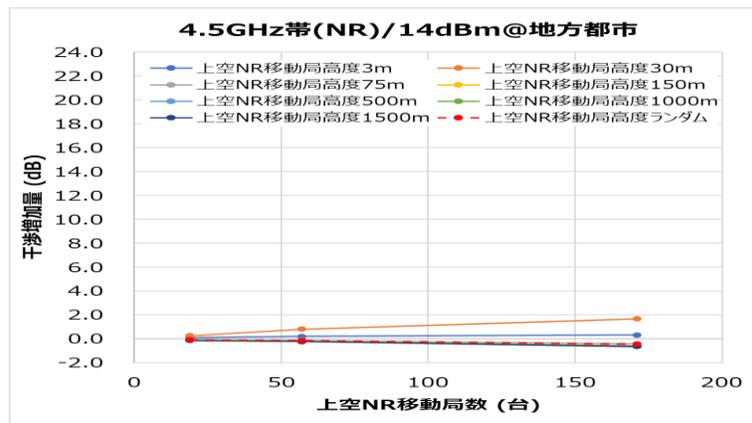
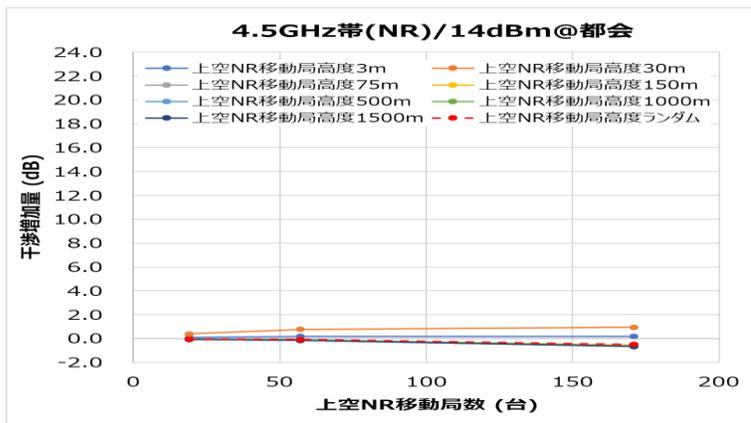
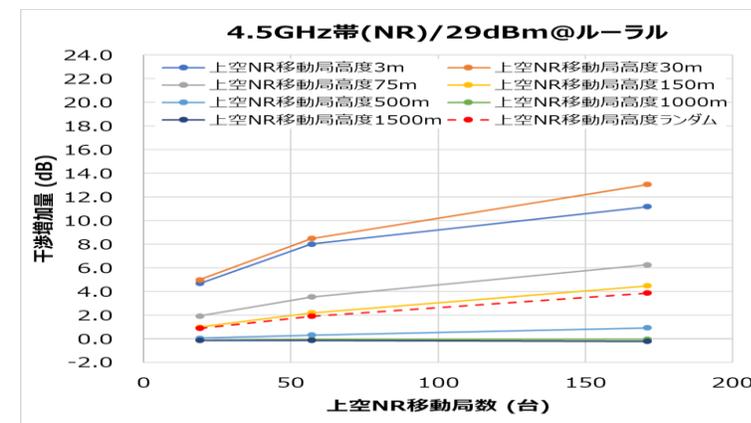
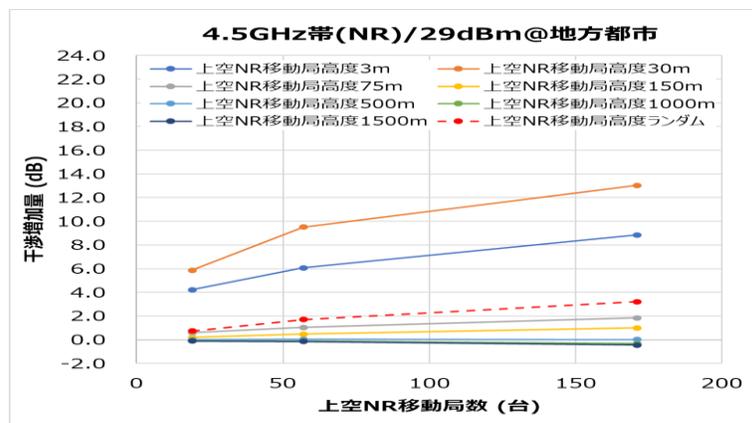
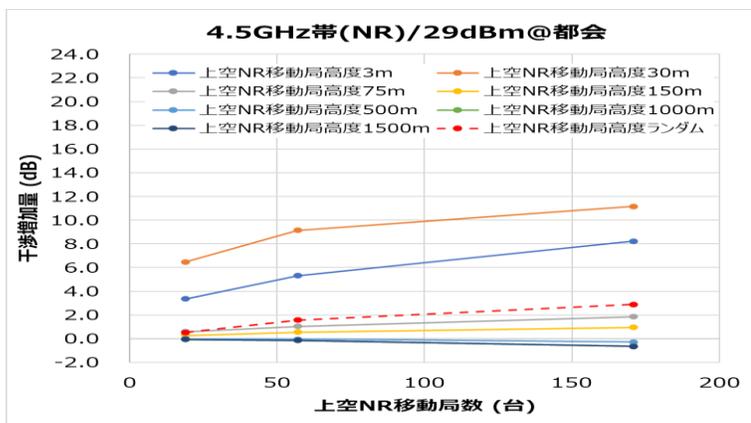
2-B. Sub6帯(3.4/3.5GHz帯) の検討結果(高度一定の場合)

- 都会、地方都市、ルーラル地域において、上空移動局から基地局への干渉量が、地上移動局からの干渉量からどれくらい増加したかをシミュレーションした結果を、以下に示す。
- いずれの地域でも高度30mの時がワーストとなっているが、これは、基地局アンテナの主ビームに近い位置関係になるためと考えられる。また、送信EIRP最大の場合 (=23dBm+0dBi)、干渉増加量が14dB程度になっており(ルーラル)、上空移動局に上空用送信電力制御を適用しても、低めの送信電力制御ターゲット値 (=低品質) で運用する必要があると考えられる。
- 一方、送信電力値 = 8dBmの時には、過去の検討で示されている上空用送信電力制御適用時と同等の干渉増加量 (= 2dB程度) に抑えられていることがわかる。従って、送信電力値を一律に低下させて運用することでも、上空用送信電力制御と同等の効果が得られることがわかる。
- しかし、この評価は、全ての上空移動局が同一高度に存在する状態(過去と同じ前提 = ワーストケース)での評価であり、実態とは異なると考えられる。そのため、高度をランダムに設定し、送信電力値をパラメータにしてシミュレーションを行った。結果は次々頁参照。



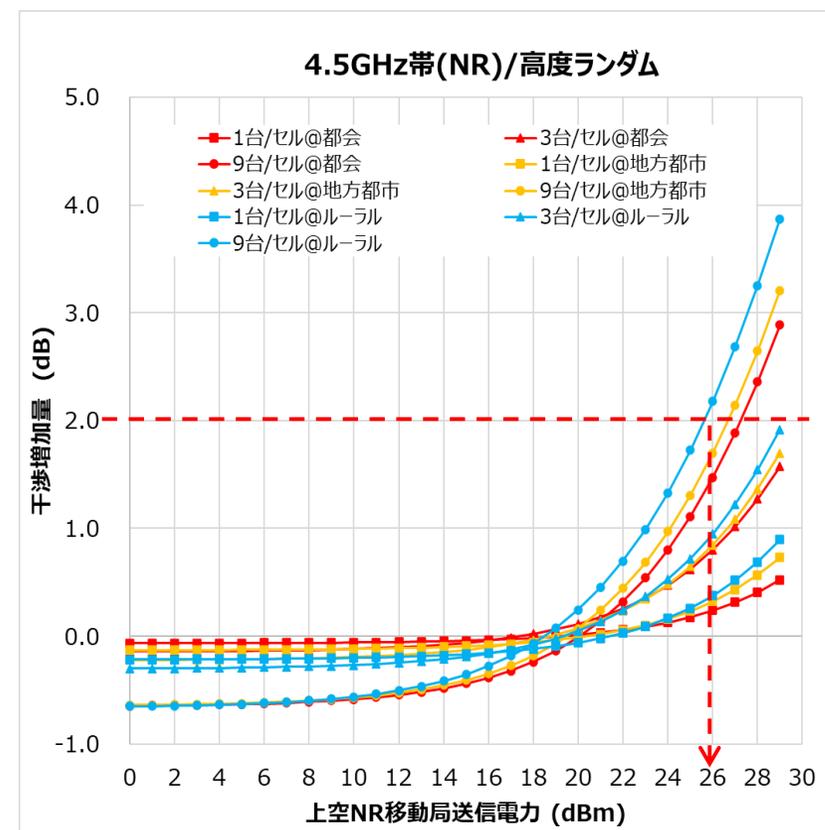
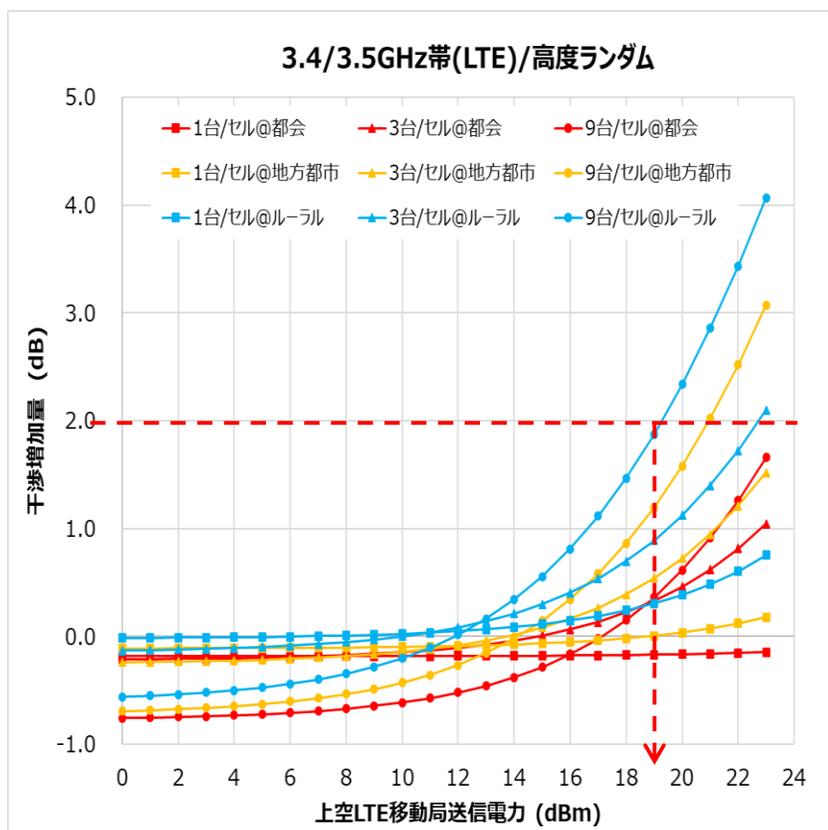
2-B. Sub6帯(4.5GHz帯)の検討結果(高度一定の場合)

- 都会、地方都市、ルーラル地域において、上空移動局から基地局への干渉量が、地上移動局からの干渉量からどれくらい増加したかをシミュレーションした結果を、以下に示す。
- いずれの地域でも高度30mの時がワーストとなっているが、これは、基地局アンテナの主ビームに近い位置関係になるためと考えられる。また、送信EIRP最大の場合(=29dBm+0dBi)、干渉増加量が14dB程度になっており(ルーラル)、上空移動局に上空用送信電力制御を適用しても、低めの送信電力制御ターゲット値(=低品質)で運用する必要があると考えられる。
- 一方、送信電力値=14dBmの時には、過去の検討で示されている上空用パワコン適用時と同等の干渉増加量(=2dB程度)に抑えられていることがわかる。従って、送信電力値を一律に低下させて運用することでも、上空用送信電力制御と同等の効果が得られることがわかる。
- しかし、この評価は、全ての上空移動局が同一高度に存在する状態(過去と同じ前提=ワーストケース)での評価であり、実態とは異なると考えられる。そのため、高度をランダムに設定し、送信電力値をパラメータにしてシミュレーションを行った。結果は次頁参照。



2-B. Sub6帯(3.4/3.5GHz帯/4.5GHz帯)の検討結果(高度ランダムの場合)

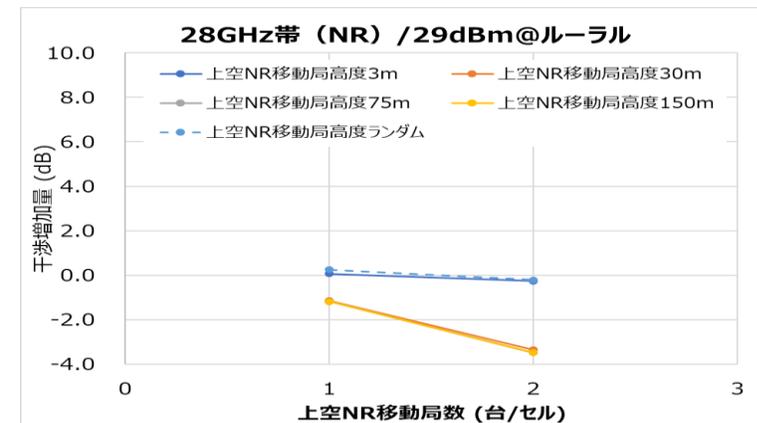
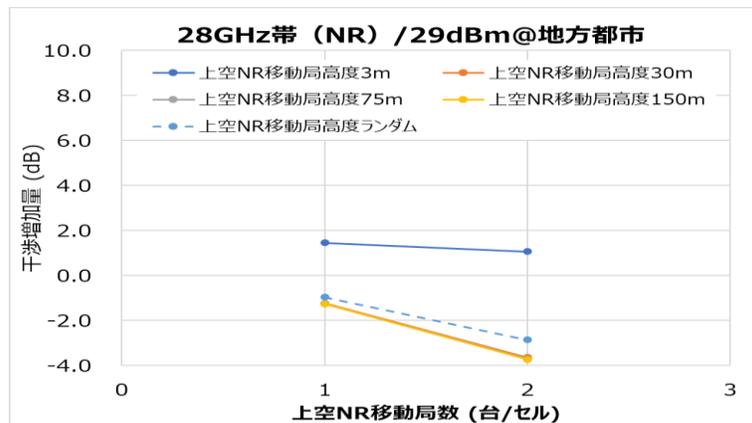
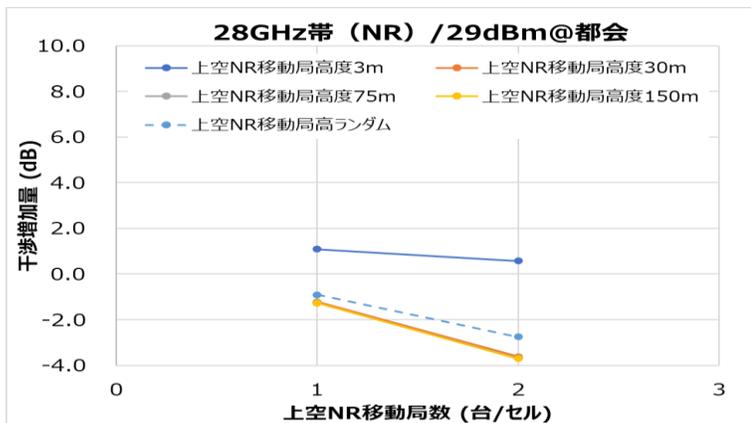
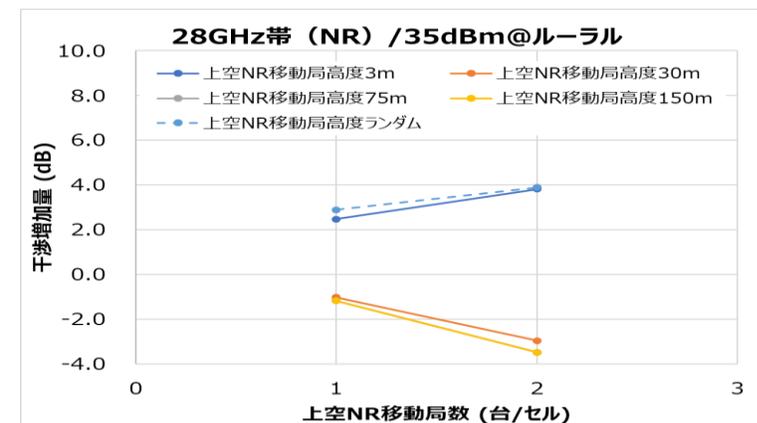
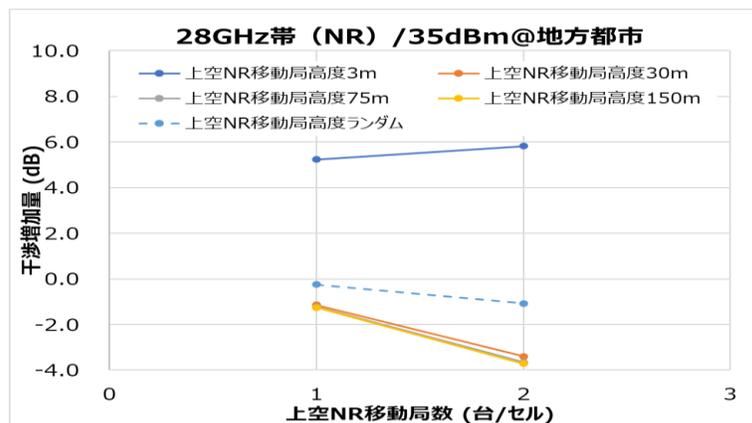
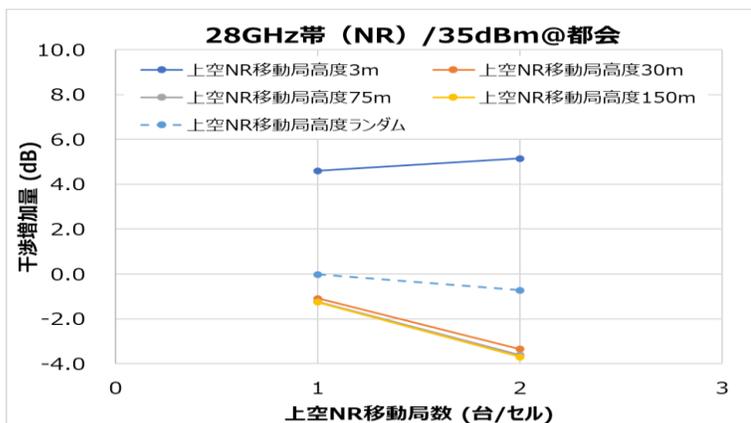
- 高度ランダムでシミュレーションした結果を下図に示す。ここで、過去の検討結果と同じ干渉増加量2dB程度※1を実現しようとする場合、上空移動局の最大送信電力値は3.4/3.5GHz帯(LTE)では19dBm、4.5GHz帯(NR)では26dBmとなる。
- 前頁に示した結果と合わせて、干渉影響を抑制するには、「上空用送信電力制御を適用する」、「送信電力値上限を一律に設定する」等の方法が、効果があることがわかった。
- 干渉影響を受けるのは、上空移動局を運用している免許人自身の基地局であるため、免許人自身が、自らの上空サービス提供品質と、基地局への干渉影響度合いを勘案し、適切な送信電力制御手法（FDDと同様に上空用送信電力制御を適用する、上空移動局送信電力を一律に制限する等が考えられる）を選択することで、基地局への影響を適切に回避することが可能と考えられる。**



※1 2023年1月24日 総務省情報通信審議会 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 報告

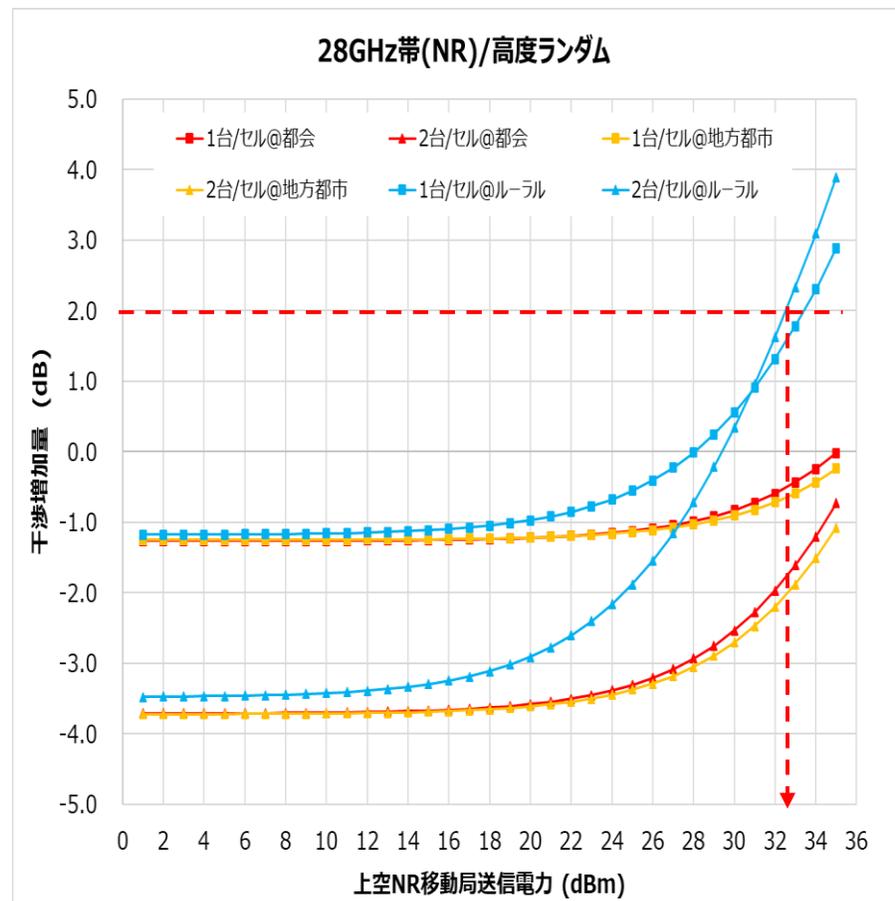
2-B. mmW帯の検討結果(高度一定の場合)

- 都会、地方都市、ルーラル地域において、上空移動局から基地局への干渉量が、地上移動局からの干渉量からどれくらい増加したかをシミュレーションした結果を、以下に示す。
- いずれの地域でも高度3mの時がワーストとなっているが、これは、基地局アンテナの主ビームに近い位置関係になるためと考えられる。BWA帯、Sub6帯と異なり、ルーラルがワーストケースにならないのは、ルーラルにおいては、上空移動局の総数が少なくなるモデルにしているからと考えられる（都会60台 = 2×30セル、地方都市20台 = 2×10セル、ルーラル2台 = 2×1セル）。また、送信EIRP最大の場合（=35dBm+20dBi）、干渉増加量が6dB程度になっており（地方都市）、上空移動局に上空用送信電力制御を適用しても、低めの送信電力制御ターゲット値（=低品質）で運用する必要があると考えられる。
- 一方、送信電力値 = 29dBmの時には、過去の検討で示されている上空用送信電力制御適用時と同等の干渉増加量（= 2dB程度）に抑えられていることがわかる。従って、送信電力値を一律に低下させて運用することでも、上空用送信電力制御と同等の効果が得られることがわかる。
- しかし、この評価は、全ての上空移動局が同一高度に存在する状態（過去と同じ前提 = ワーストケース）での評価であり、実態とは異なると考えられる。そのため、高度をランダムに設定し、送信電力値をパラメータにしてシミュレーションを行った。結果は次頁参照。



2-B. mmW帯の検討結果(高度ランダムの場合)

- 高度ランダムでシミュレーションした結果を下図に示す。ここで、過去の検討結果と同じ干渉増加量2dB程度※1を実現する場合、上空移動局の最大送信電力値は33dBmとなる。
- 前頁に示した結果と合わせて、干渉影響を抑制するには、「上空用送信電力制御を適用する」、「送信電力値上限を一律に設定する」等の方法が、効果があることがわかった。
- **干渉影響を受けるのは、上空移動局を運用している免許人自身の基地局であるため、免許人自身が、自らの上空サービス提供品質と、基地局への干渉影響度合いを勘案し、適切な送信電力制御手法（FDDと同様に上空用送信電力制御を適用する、上空移動局送信電力を一律に制限する等が考えられる）を選択することで、基地局への影響を適切に回避することが可能と考えられる。**



※1 2023年1月24日 総務省情報通信審議会 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 報告

- 28GHz帯での上空利用に関する規定についての考察
 - 今回の検討結果からは、28GHz帯においても、FDD帯やBWA帯、Sub6帯（TDD）と同様に、適切な送信電力制御を適用すれば、上空移動局自身から地上基地局へ与える干渉の影響は、抑制できることがわかった。
 - しかし、28GHz帯では、5G基地局は、ビームフォーミングを行っているため、送信相手となる移動局が上空に存在する場合には、上空向けにビームを向けることになることに留意が必要である。
 - **ITU-R Radio Regulationsや電波法審査基準には、24.75-27.5GHz帯携帯電話基地局は、上空方向へ指向性を向けてはならないという規定があり※1、当該帯域の上空利用を実施するには、上空移動局送信からの干渉影響よりは、地上基地局が上空へ指向性を向けた時の他の無線システムへの干渉影響と、それを回避する現実的な方策の見極めが重要な検討課題となる※2。**

※1 ITU-R Radio Regulations RES.224 (WRC-19) resolves 2.1 には以下の記述がある “take practical measures to ensure the transmitting antennas of outdoor base stations are normally pointing below the horizon, when deploying IMT base stations within the frequency band 24.25-27.5 GHz; the mechanical pointing needs to be at or below the horizon;”

※2 ドローンによる28GHz帯上空測定では、ドローンに搭載した測定器により28GHz帯基地局の信号を受信したものであり、上空測定器と基地局との間で通信は行っていない（上空向けに送信していない）。

2-B. 携帯電話等の上空利用による地上携帯電話等通信網への影響 まとめ

- 検討結果を下表に示す。

周波数帯	検討手法	地上携帯電話等ネットワークへの影響評価	地上携帯電話等ネットワークへの影響回避のための対策案
BWA帯	19セルモデルを用いてモンテカルロシミュレーションにより評価	上空移動局から最大送信電力で送信すると地上移動局からの影響を上回る。 上空移動局の送信電力値を低減すれば、基地局への干渉影響を抑制できる。(高度ランダムでの評価では送信電力25dBmが最大値)	免許人自身が、自らの上空サービス提供品質と、基地局への干渉影響度合いを勘案し、適切な送信電力制御手法を選択することで、基地局への影響を回避することが可能と考えられる。
Sub6帯	19セルモデルを用いてモンテカルロシミュレーションにより評価	上空移動局から最大送信電力で送信すると地上移動局からの影響を上回る。 上空移動局の送信電力値を低減すれば、基地局への干渉影響を抑制できる。(高度ランダムでの評価では送信電力19dBm(LTE)、26dBm(NR)が最大値)	免許人自身が、自らの上空サービス提供品質と、基地局への干渉影響度合いを勘案し、適切な送信電力制御手法を選択することで、基地局への影響を回避することが可能と考えられる。
mmW帯	ITU-R共用検討モデルを用いてモンテカルロシミュレーションにより評価	上空移動局から最大送信電力で送信すると地上移動局からの影響を上回る。 上空移動局の送信電力値を低減すれば、基地局への干渉影響を抑制できる。(高度ランダムでの評価では送信電力33dBm(NR)が最大値) 5G基地局は、28GHz帯ではビームフォーミングを行っているため、送信相手となる移動局が上空に存在する場合には、上空向けにビームを向けることになるということに課題がある。	免許人自身が、自らの上空サービス提供品質と、基地局への干渉影響度合いを勘案し、適切な送信電力制御手法を選択することで、基地局への影響を回避することが可能と考えられる。 基地局が上空方向へビームを向けることになるため、ITU-R Radio Regulations規定及び、電波法関係審査基準との関係を整理する必要がある。

1. 調査検討の背景、調査検討項目

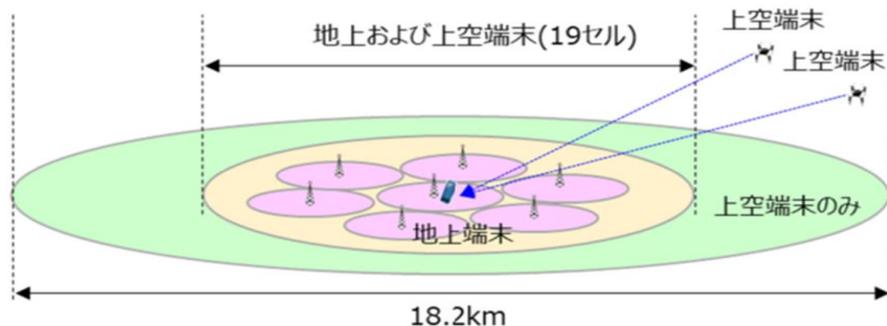
2. 地上の携帯電話等通信網に対する影響に関する検討
 1. TDD帯電波伝搬特性検討
 2. 携帯電話等の上空利用による地上携帯電話等通信網への影響

3. 遠方捕捉問題の解決手法に関する検討

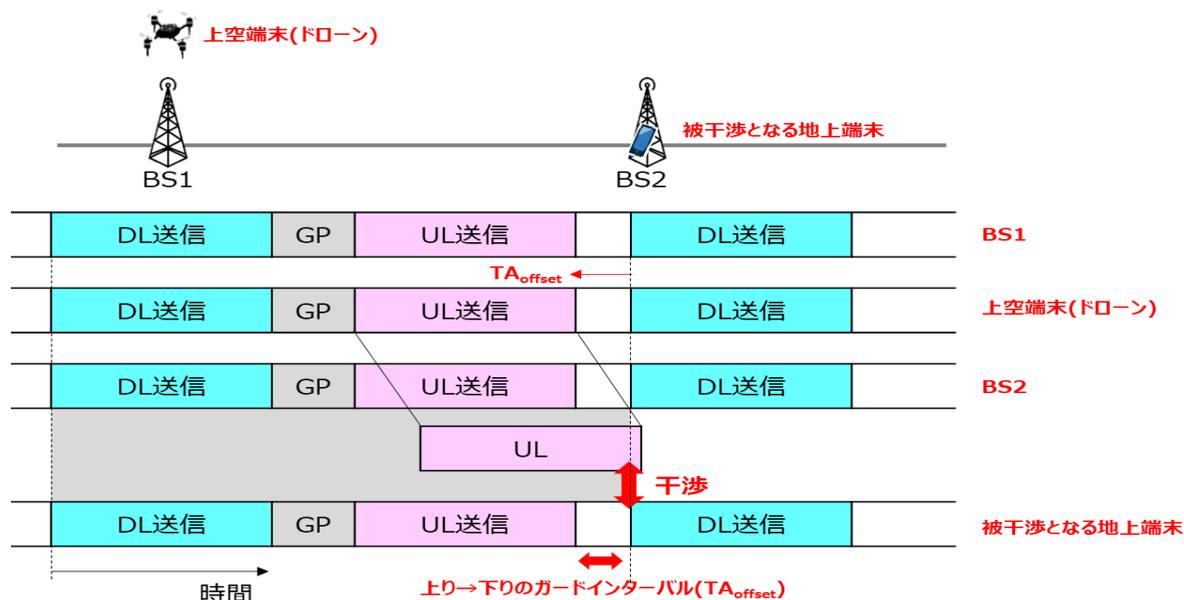
3. 過去の遠方捕捉問題の検討の振り返り（※1より抜粋）

- 遠方捕捉問題について
 - TDD方式では、システム全体で同期をとっていたとしても、遠方の移動局ないし基地局からの信号が、伝搬遅延によりシステム同期を超えるタイミングで被干渉が基地局あるいは移動局に到来し、かつ、その到来した信号レベルが高い場合、干渉問題が発生することがある(遠方捕捉問題)。
 - このような遅延波による干渉発生パターンには、下表に示す4パターンが想定されるが、①は基地局—基地局間で発生するものであり、上空移動局は関与しない。また、②と③は、与干渉と被干渉の間の距離がそれぞれ1,113km、385km以上の場合に発生するものであり（※1）、これによる影響は非常に限定的なものと考えられることから同様に今回の検討の対象外と考えられる。
 - 一方、④は与干渉と被干渉間の距離が6.1km以上において発生するものであり（※1）、与干渉となる上空移動局からの干渉波がある程度の高いレベルで被干渉側に到達する可能性がある。
- 過去の検討における手法（※1）
 - 過去の検討でも、下表の④のパターンについてのみ、システムレベルシミュレーションにより評価している。
 - 具体的には、地上移動局、上空移動局のどちらにも通常を送信電力制御を適用した場合と、上空移動局にのみ、上空用送信電力制御を適用した場合について、被干渉となる地上移動局が受信する干渉電力の差を評価している。
 - 検討モデルは、前述した3GPP 19セルモデルを採用しているが、19セルモデルでは評価エリアの境界までの距離が遠方捕捉が発生する6.1kmよりも小さいため、19セルの外側（～18.2km）に上空移動局を配置する工夫をすることで適切な評価を行っている。

被干渉 \ 与干渉	基地局 下り送信	移動局 上り送信
基地局 上り受信	①	②
移動局 下り受信	③	④



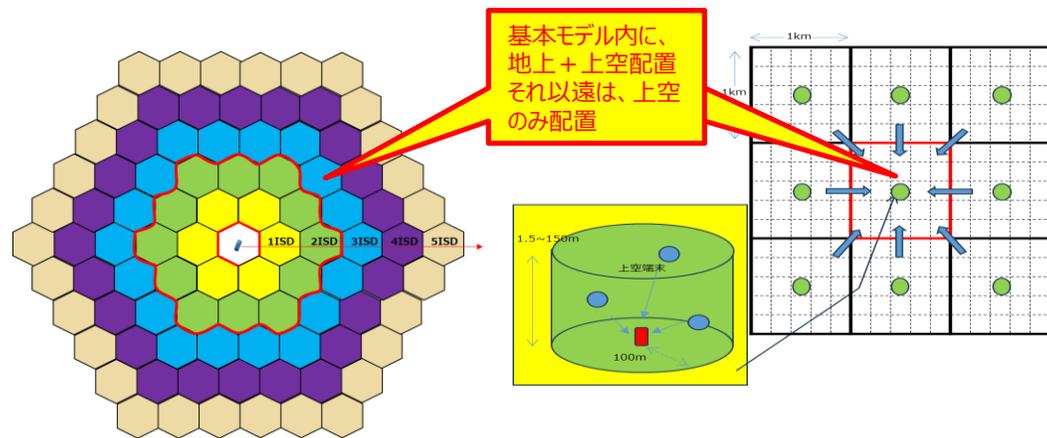
過去の検討（※1）における遠方捕捉問題の説明



※1 2023年1月24日 総務省情報通信審議会 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 報告

3. 今回の検討手法

- 基本的な考え方
 - 過去の検討（※1）と同様に、遠方捕捉問題の発生するパターンとして、移動局ー移動局間干渉について検討を行う。
 - 検討手法としては、携帯電話等ネットワークへの影響の検討と同様に、SEAMCATを用いたモンテカルロシミュレーションを採用する。
 - 具体的には、以下の通り。
 - 地上移動局だけを配置した状態でシミュレーションし、干渉レベルを求める。
 - 上空移動局を地上エリア以遠にも配置し、上空移動局の干渉レベルを求める。
 - 上記を比較することにより、遠方捕捉問題による干渉量の変化を定量的に評価。
- 検討モデル
 - 前述した携帯電話ネットワークへの影響検討と同様に、BWA帯、Sub6帯とmmW帯で検討モデルを分けて検討を行う。上空移動局高度については、より現実に近いと考えられる高度ランダムとする。
 - BWA帯とSub6帯：3GPP 19セルモデルを基本モデルとし、それ以遠に、基本モデル内と同じ密度で上空移動局を配置するモデルを採用した。検討周波数を始め、パラメータは、III章と同じである。
 - mmW帯：ITU-Rの検討モデルを基本モデルとし、それ以遠に、基本モデル内と同じ密度で上空移動局を配置するモデルを採用した。検討周波数を始め、パラメータは、III章と同じである。



遠方捕捉問題の検討モデル（左：BWA帯、Sub6帯の場合、右：mmW帯の場合）

モンテカルロシミュレーションでの設定（無線特性は、参考2-3、2-4参照）

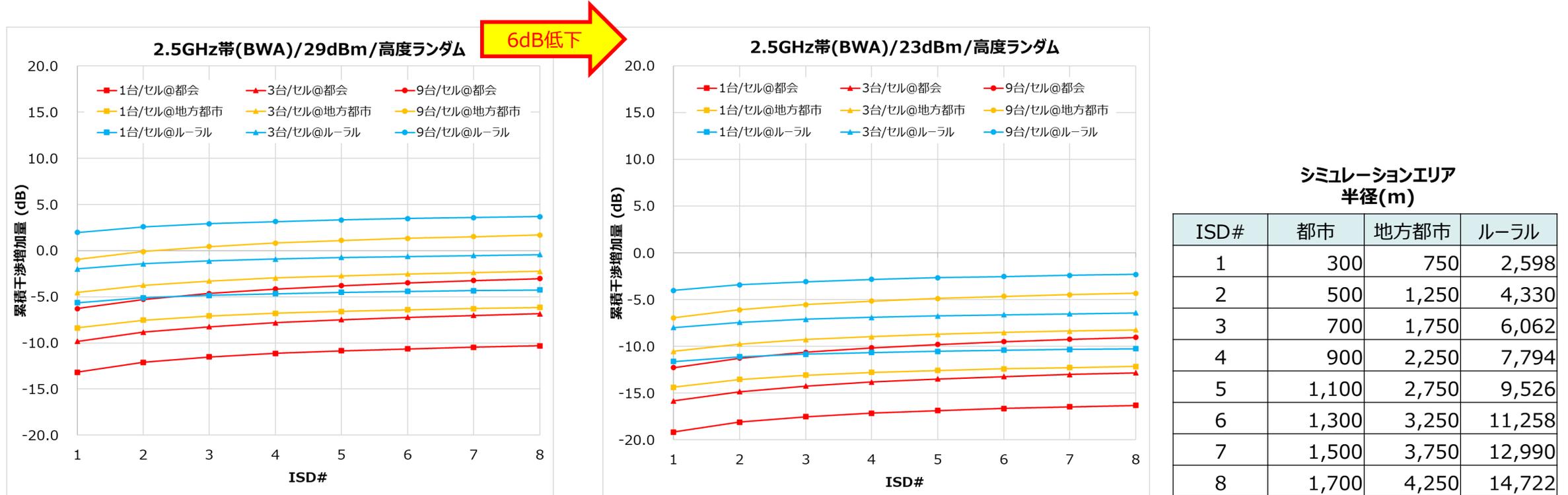
周波数帯	BWA帯 (2.5GHz帯) Sub6帯 (3.4/3.5GHz帯、4.5GHz帯)	mmW帯 (28GHz帯)	
セル配置	19セル正規配置モデル、3セクタ構成を拡張 局間距離 (ISD)：200m(都会)、500m(地方都市)、1732m(ルール)	ITU-Rモデル (1km ² 内の基地局数で規定) を拡張 都会30基地局/km ² 、地方都市10基地局/km ² 、ルール1基地局/km ²	
基地局	帯域幅	20MHz(BWA帯、TD-LTE帯) 100MHz(NR Sub6帯)	400MHz(NR)
	セル半径	100m(都会)、250m(地方都市)、866m(ルール)	100m一定
移動局	合計台数	基本モデル (19セル) 内は、855台 (= 45台/セル×19セル)。 上空台数を1台/セル、3台/セル、9台/セルとする それ以遠は、同じ密度で上空だけ配置	基本モデル内は、地上+上空合計3台/セル。 上空台数を1台/セル、上空2台/セルとする それ以遠は、同じ密度で上空だけ配置
	高度	地上：1.5m 上空：ランダム (1.5~1,500m)	地上：1.5m 上空：ランダム (1.5~150m)
	送信電力	地上：情通審の共用検討で用いている送信電力制御 上空：一定値で評価 (パラメータとする)	
伝搬モデル	地上：3GPPモデル：UMa(都市部)、UMa(地方都市)、RMa(ルール) 上空：自由空間伝搬		

※1 2023年1月24日 総務省情報通信審議会 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 報告

3. BWA帯の検討結果

- 前述したモデルを用いて、遠方から送信する与干渉移動局（地上 + 上空移動局）から被干渉となる地上移動局への合計干渉量が離隔距離の増加に伴い、どのように変化するかをモンテカルロシミュレーションにより評価した※。
- 下図からは、ISD=3程度（都会で700m、地方都市で1750m、ルーラルで約6km）の離隔距離で、すでに、累積干渉量の増加がほぼ収束していることがわかる。すなわち、これ以上の距離を離れた場合を評価しても、干渉影響は、ほとんど変わらないということがわかる。
- 干渉影響については、ルーラル地域において最大で4dB程度の増加があることがわかる。一方、上空移動局のみ送信電力値を6dB低下させた場合は、いずれの環境、上空移動局数でも干渉増加量が0dB以下となっている。従って、BWA帯では、上空移動局の送信電力値を低下させれば、遠方捕捉問題は、無視していい程度に抑えられることがわかる。すなわち、**FDD帯と同様に、上空移動局へ適切な送信電力制御を適用することで、影響を抑えられると考えられる。**

※ 遠方捕捉問題は、与干渉と被干渉間の距離が6.1km以上になると、同期タイミングが外れて発生するものであるが、同期タイミングまで再現するようなシミュレーションは複雑になるため、ここでは、シンプルに、近隣の移動局からの送信電力が、そのまま干渉電力として、被干渉移動局に受信されたときの累積干渉量の振る舞いをモンテカルロシミュレーションで評価している。

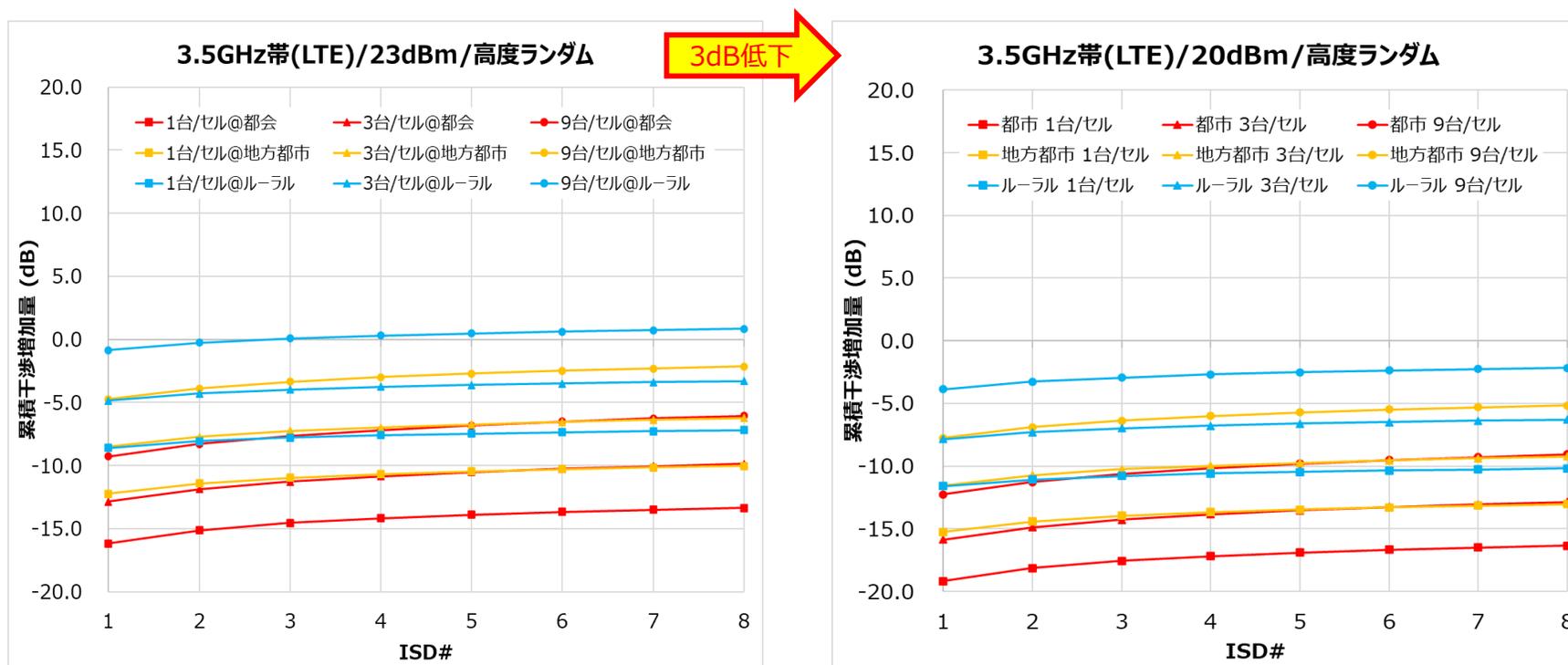


- 横軸は、被干渉となる移動局からの離隔距離を、基地局間距離（ISD）で表現しており（実際の距離は右表参照）、縦軸は、ISD=1からの累積の干渉増加量を表している。
- 例えば、ISD=2の時の干渉増加量は、ISD=1の距離に存在する移動局からの干渉量と、ISD=2の距離に存在する移動局からの干渉量の累積干渉量を表している。

3. Sub6帯 (3.4/3.5GHz帯) の検討結果

- 前述したモデルを用いて、遠方から送信する与干渉移動局（地上 + 上空移動局）から被干渉となる地上移動局への合計干渉量が離隔距離の増加に伴い、どのように変化するかをモンテカルロシミュレーションにより評価した※。
- 下図からは、ISD=3程度（都会で700m、地方都市で1750m、ルーラルで約6km）の離隔距離で、すでに、累積干渉量の増加がほぼ収束していることがわかる。すなわち、これ以上の距離を離れた場合を評価しても、干渉影響は、ほとんど変わらないということがわかる。
- 干渉影響については、ルーラル地域において若干の増加があることがわかる。一方、上空移動局のみ送信電力値を3dB低下させた場合は、いずれの環境、上空移動局数でも干渉増加量が0dB以下となっている。従って、3.4/3.5GHz帯では、上空移動局の送信電力値を低下させれば、遠方捕捉問題は、無視していい程度に抑えられることがわかる。すなわち、**FDD帯と同様に、上空移動局へ適切な送信電力制御を適用することで、影響を抑えられると考えられる。**

※ 遠方捕捉問題は、与干渉と被干渉間の距離が6.1km以上になると、同期タイミングが外れて発生するものであるが、同期タイミングまで再現するようなシミュレーションは複雑になるため、ここでは、シンプルに、近隣の移動局からの送信電力が、そのまま干渉電力として、被干渉移動局に受信されたときの累積干渉量の振る舞いをモンテカルロシミュレーションで評価している。

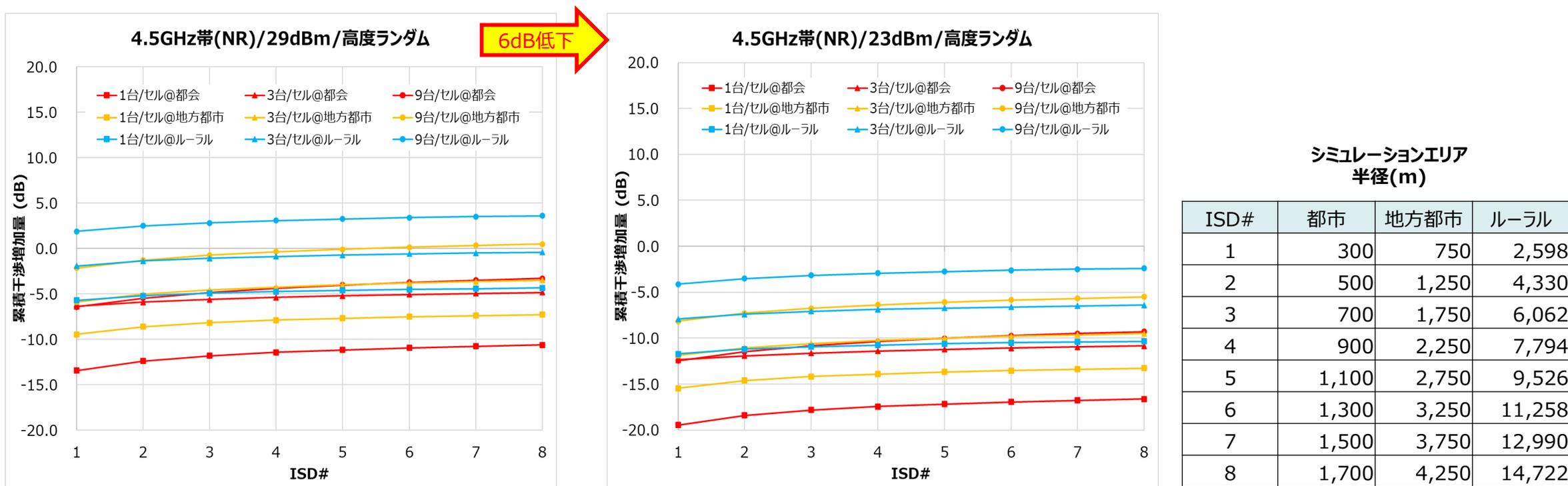


- 横軸は、被干渉となる移動局からの離隔距離を、基地局間距離（ISD）で表現しており（実際の距離は右表参照）、縦軸は、ISD=1からの累積の干渉増加量を表している。
- 例えば、ISD=2の時の干渉増加量は、ISD=1の距離に存在する移動局からの干渉量と、ISD=2の距離に存在する移動局からの干渉量の累積干渉量を表している。

3. Sub6帯 (4.5GHz帯) の検討結果～

- 前述したモデルを用いて、遠方から送信する与干渉移動局（地上+上空移動局）から被干渉となる地上移動局への合計干渉量が離隔距離の増加に伴い、どのように変化するかをモンテカルロシミュレーションにより評価した※。
- 下図からは、ISD=3程度（都会で700m、地方都市で1750m、ルーラルで約6km）の離隔距離で、すでに、累積干渉量の増加がほぼ収束していることがわかる。すなわち、これ以上の距離を離れた場合を評価しても、干渉影響は、ほとんど変わらないということがわかる。
- 干渉影響については、ルーラル地域において最大で4dB程度の増加があることがわかる。一方、上空移動局のみ送信電力値を6dB低下させた場合は、いずれの環境、上空移動局数でも干渉増加量が0dB以下となっている。従って、4.5GHz帯では、上空移動局の送信電力値を低下させれば、遠方捕捉問題は、無視していい程度に抑えられることがわかる。すなわち、**FDD帯と同様に、上空移動局へ適切な送信電力制御を適用することで、影響を抑えられると考えられる。**

※ 遠方捕捉問題は、与干渉と被干渉間の距離が6.1km以上になると、同期タイミングが外れて発生するものであるが、同期タイミングまで再現するようなシミュレーションは複雑になるため、ここでは、シンプルに、近隣の移動局からの送信電力が、そのまま干渉電力として、被干渉移動局に受信されたときの累積干渉量の振る舞いをモンテカルロシミュレーションで評価している。

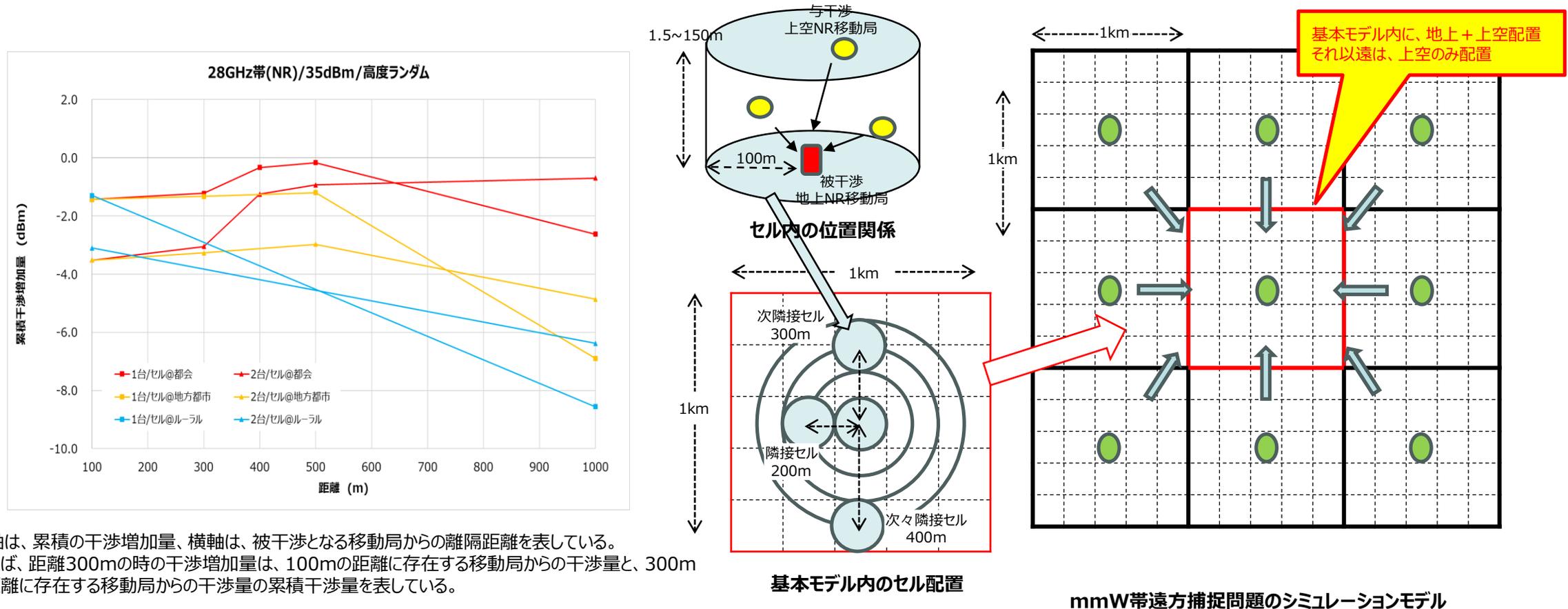


- 横軸は、被干渉となる移動局からの離隔距離を、基地局間距離 (ISD) で表現しており（実際の距離は右表参照）、縦軸は、ISD=1からの累積の干渉増加量を表している。
- 例えば、ISD=2の時の干渉増加量は、ISD=1の距離に存在する移動局からの干渉量と、ISD=2の距離に存在する移動局からの干渉量の累積干渉量を表している。

3. mmW帯の検討結果

- 前述したモデルを用いて、遠方から送信する与干渉移動局（地上 + 上空移動局）から被干渉となる地上移動局への合計干渉量が離隔距離の増加に伴い、どのように変化するかをモンテカルロシミュレーションにより評価した※。
- 下図からは、500m程度の離隔距離で、すでに、累積干渉量の増加がほぼ収束していることがわかる。すなわち、これ以上の距離を離れた場合を評価しても、干渉影響は、ほとんど変わらないということがわかる。28GHz帯においては、検討モデルの設定で上空移動局数が、BWA帯やSub6帯と比較して少ないこと、伝搬損が大きく、遠方からの影響は小さくなるためと考えられる。
- 干渉影響については、地上移動局からの干渉量よりも小さくなっているため（干渉増加量が0dB以下）、mmW帯では、遠方捕捉問題は、大きな影響はないと考えられる。

※ 遠方捕捉問題は、与干渉と被干渉間の距離が6.1km以上になると、同期タイミングが外れて発生するものであるが、同期タイミングまで再現するようなシミュレーションは複雑になるため、ここでは、シンプルに、近隣の移動局からの送信電力が、そのまま干渉電力として、被干渉移動局に受信されたときの累積干渉量の振る舞いをモンテカルロシミュレーションで評価している。



- 縦軸は、累積の干渉増加量、横軸は、被干渉となる移動局からの離隔距離を表している。
- 例えば、距離300mの時の干渉増加量は、100mの距離に存在する移動局からの干渉量と、300mの距離に存在する移動局からの干渉量の累積干渉量を表している。

3. 遠方捕捉問題の解決手法に関する検討 まとめ

- 検討結果を下表に示す。

周波数帯	検討手法	地上携帯電話等ネットワークへの影響評価	地上携帯電話等ネットワークへの影響回避案
BWA帯	<ul style="list-style-type: none">過去の検討（※1）と同様に19セルモデルを遠方に拡張したモデルを用いてモンテカルロシミュレーションにより評価	<ul style="list-style-type: none">上空移動局の送信電力を少し低下させれば、遠方捕捉問題は、無視していい程度に抑えられることがわかった。	<ul style="list-style-type: none">FDD帯と同様に、上空移動局へ適切な送信電力制御を適用することで、影響を抑えられると考えられる。
Sub6帯	<ul style="list-style-type: none">過去の検討（※1）と同様に19セルモデルを遠方に拡張したモデルを用いてモンテカルロシミュレーションにより評価	<ul style="list-style-type: none">上空移動局の送信電力を少し低下させれば、遠方捕捉問題は、無視していい程度に抑えられることがわかった。	<ul style="list-style-type: none">FDD帯と同様に、上空移動局へ適切な送信電力制御を適用することで、影響を抑えられると考えられる。
mmW帯	<ul style="list-style-type: none">ITU-Rの共用検討モデルをを遠方に拡張したモデルを用いてモンテカルロシミュレーションにより評価	<ul style="list-style-type: none">mmW帯については、遠方捕捉問題については、あまり大きな影響は無いと考えられる。	<ul style="list-style-type: none">mmW帯については、対策は不要。

※1 2023年1月24日 総務省情報通信審議会 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 報告