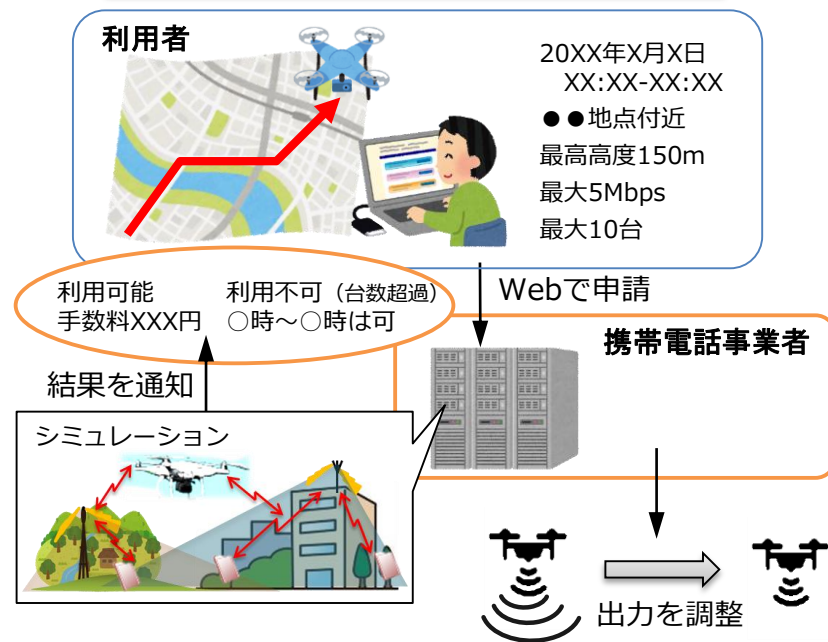


情報通信審議会 情報通信技術分科会
新世代モバイル通信システム委員会報告(案)
概要

令和6年10月4日
新世代モバイル通信システム委員会
上空利用検討作業班 事務局

1. 携帯電話の上空利用拡大に向けた検討の概要
2. 携帯電話等の上空利用に向けた共用検討
 1. 地上携帯電話網等への影響
 2. 同一/隣接帯域を使用する他の無線システムとの共用検討
 3. まとめ
3. 技術的条件の方向性
4. 技術的条件
5. 参考資料
 1. 共用検討に用いたパラメータ
 2. 上空電界強度測定
 3. TDD方式の遠方捕捉問題
 4. 他の無線システムとの共用検討結果(詳細)

- ※携帯電話システムは地上での利用を前提に設計されていることから、**携帯電話端末を無人航空機に搭載して上空で利用すると、同じ周波数の電波を用いる他の基地局と混信を生じ、地上の携帯電話の通信に影響を与えるおそれがある。**そのため、地上システムに影響を与えないよう、飛行台数を監理して使用を認める制度として導入。



- **FDD帯域**の上空利用については、本委員会における検討を経て、**利用可能な周波数帯を限定**すること、**移動局が上空に存在していることを前提とした空中線電力の制御を行う**ことが必要とする技術的条件を取りまとめ。
- 5 G用周波数帯を含む**TDD帯域**については、**今後、新たなニーズが示された際に検討**することとされた。

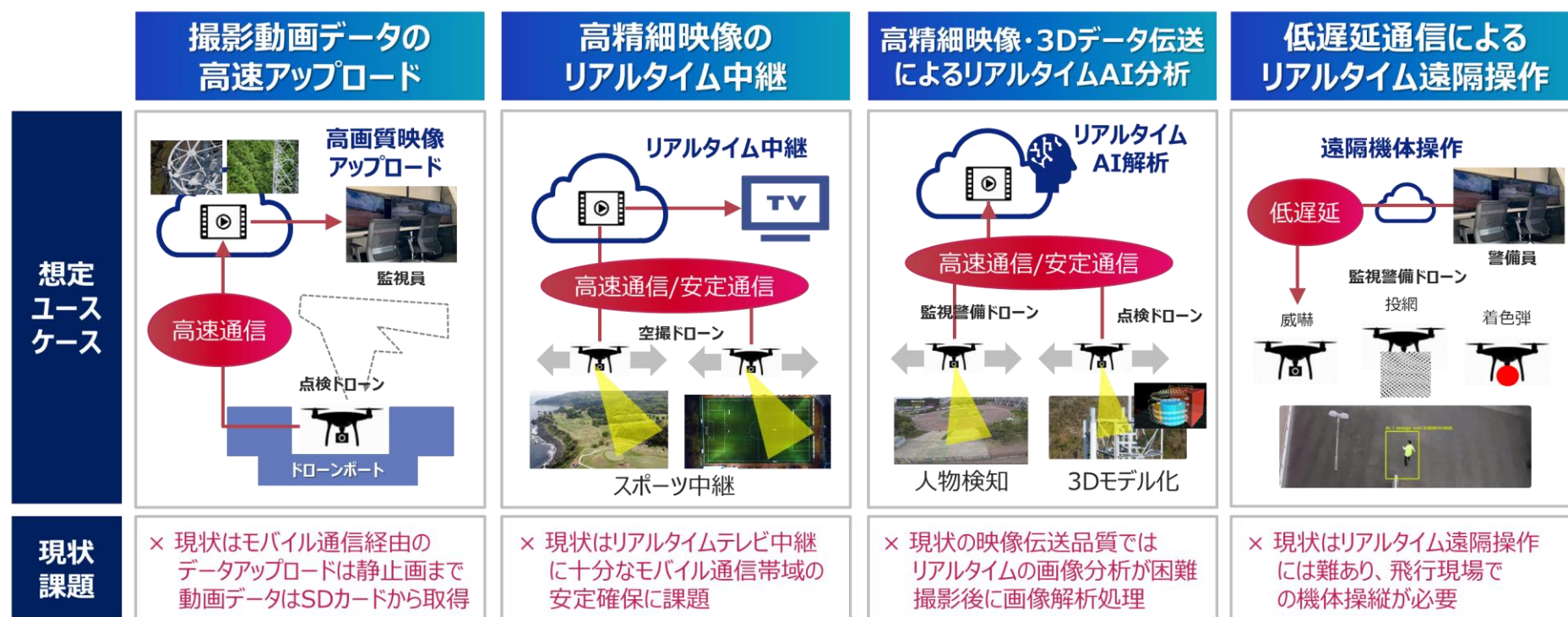
■LTE-Advanced（FDD）、第5世代移動通信システム（FDD-NR）の技術的条件（抜粋）

※赤字は上空利用に係る条件

	LTE-Advanced（FDD）	5 G（FDD－NR）
周波数帯	700MHz帯、800MHz帯、900MHz帯、1.5GHz帯、1.7GHz帯、2GHz帯 <u>（移動局を上空で利用する場合にあっては、800MHz帯、900MHz帯、1.7GHz帯、2GHz帯）</u>	
送信電力制御	基地局からの電波の受信電力の測定又は当該基地局からの制御情報に基づき空中線電力が必要最小限となるよう自動的に制御する機能を有すること。 <u>特に、上空で利用される移動局にあっては、移動局が上空に存在していることを前提とした基地局からの制御情報に基づく空中線電力の制御を自動的に行える機能を有すること。</u>	

- ドローンとの通信がより高速・低遅延になることで、リアルタイムの遠隔制御や映像の高精細化が実現。
- これらを実現するため、TDD-NR帯域についても上空利用を可能とすることが期待されている。

高速・低遅延通信の実現により、ドローンにおけるモバイル通信の利活用の対象が
目視外飛行のための映像・制御データから、機体が取得・生成するデータへシフト



既存サービスの価値向上、リアルタイムクラウドAI連携等含む新たなユースケースの創出に期待

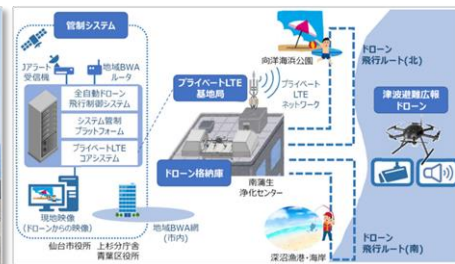
- TDD帯域の地域/自営等BWA及びローカル 5 Gにおいても、防災、工場、農業及びインフラ管理等の様々な分野においてドローンからの映像伝送等を活用したユースケースが想定されている。

① 防災・災害

- 被害状況等の実態把握や、災害危険箇所の定期調査など
 - ✓ 「地域限定」と「データ通信」のみのため、輻輳が起りにくく、災害に強い
- 仙台市・津波避難広報ドローン事業(2022年10月17日～)
 - ✓ 自営等BWA(実験試験局免許)・・・Jアラートに連動してドローン2基を海岸線で自動運行(避難呼びかけ等)
 - 仙台市の地域BWA事業者(アンデックス)



※) 出典: SENDAI BOSAI TECHホームページより



※) 出典: 日立国際電気のプレスリリースより

② 工場等の産業向け

- 構内・敷地内の監視など

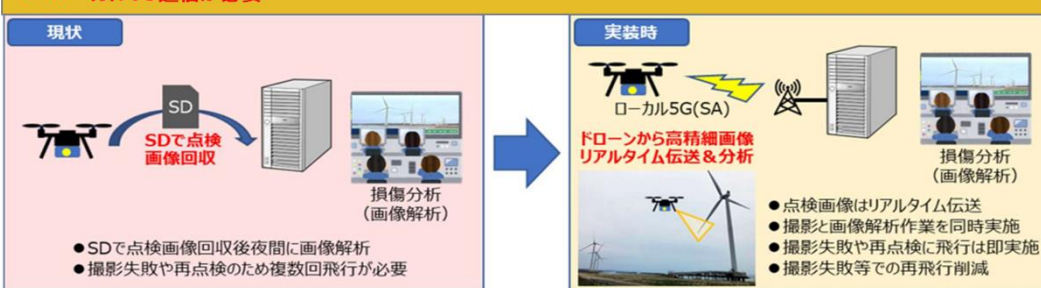
③ 農業・林業向け

- 【農業】作物の農薬散布、生育管理など
 - ✓ ただし、高さ2～3m程度の運用が大半
- 【林業】植林等のデータ管理、空撮、(緊急)連絡手段など

④ ケーブルテレビ事業者(地域BWA事業者の約8割)

- 放送コンテンツとしての活用など
 - ✓ イベント等の中継、街の空撮など
 - ✓ 地方では“買物支援”など運搬の要望もある

ドローンで撮影しても、逆光・ピンぼけの撮り直しや、近傍まで船で行くにしても波が3m以上になると出船できない
⇒ ローカル5G通信が必要



ローカル 5G を活用したドローンによる風車メンテナンスの実装イメージ

(画像出典 左上: 第10回上空利用検討作業班資料10-4 構成員提出資料
右下: 第10回上空利用検討作業班資料10-5
株式会社秋田ケーブルテレビ提出資料)

携帯電話等の上空利用に向けた共用検討

■ 過去の検討※1の振り返り

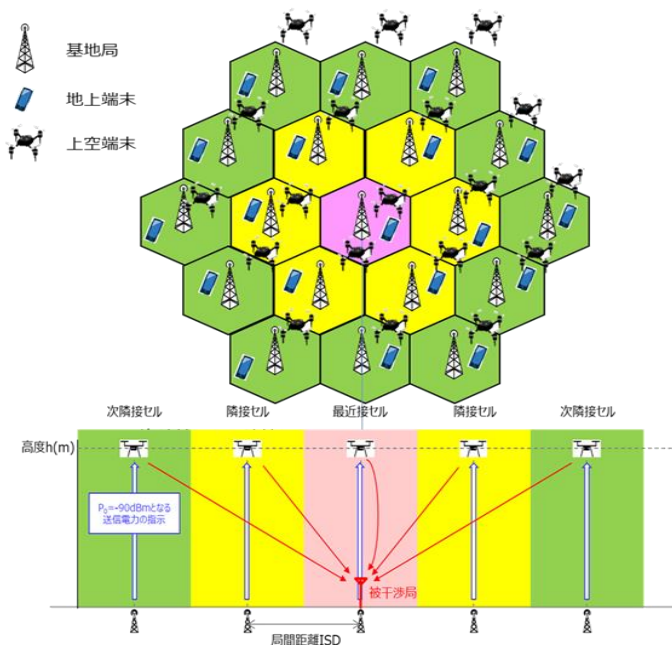
- 基地局への地上移動局干渉量と上空移動局干渉量の差を机上計算(システムレベルシミュレーション)し、影響度合いを評価。
- その際、地上移動局へは通常の送信電力制御、上空移動局へは、3GPPリリース15で規定された上空移動局用の送信電力制御を適用することで、基地局への与干渉増加を適切に抑制できることを示している。

■ 今回の検討手法

- 以下に示す過去の検討※1から得られた知見を踏まえ、**今回は、上空用送信電力制御の効果を再評価するのではなく、上空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した※2**。これにより、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ことに加え、上空移動局の送信電力を一律低下させる等の他の手法においても同様の効果が得られるかどうかとも評価できる。
 - 上空移動局に適切な送信電力制御を適用すれば2dB程度の干渉増加(下表参照)に抑えられる
 - シミュレーション結果には、FDD帯に加えTDD帯(2.5GHz/3.5GHz帯)も含まれており、TDD帯でも上空用送信電力制御の効果が得られること
- 検討手法は、他の無線システムとの共用検討でも用いているモンテカルロシミュレーション(確率計算)を採用した。検討モデルは次頁参照。

※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 地上携帯電話網等への影響に関しては、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している。地域BWA等やローカル5G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、「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
局間距離 (ISD)	200m(都市)、500m(地方都市)、1,732m(ルーラル)
セル半径(d)	100m(都市)、250m(地方都市)、866m(ルーラル)
空中線関連	情通審における共用検討と同じ
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(ルーラル) 上空:自由空間伝搬

上空用送信電力適用時の効果を干渉増加量で評価した結果
(上段:上空用送信電力適用時、下段:従来の送信電力適用時)
(※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)	3	30	75	150	500	1000	1500
都市	-0.2 0.9	0.9 4.4	1.2 5.8	0.5 3.7	0.2 2.6	-0.5 0.8	-0.6 -0.2
地方都市	-0.7 2.0	-0.4 2.8	-0.7 2.6	0.0 3.4	-0.8 2.0	-0.8 1.2	-1.6 -0.9
ルーラル	-0.6 1.1	0.5 4.0	1.6 6.0	2.3 7.2	0.8 4.2	1.4 4.4	1.0 2.8

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)

地上携帯電話網等への影響の検討モデル

7

■ BWA帯及びSub6帯の検討モデル

- BWA帯、Sub6帯は、マクロ基地局で運用されていることが多いことから、過去の検討※1と同じ3GPP 19セルモデルを採用した。
- BWA帯及びSub6帯の3.5GHz帯はLTE基地局、それ以外の帯域は、NR基地局のパラメータを採用した。
- Sub6帯には、3.4～4.1GHz帯と4.5～5.0GHz帯の2ブロックがあるが、Sub6帯は、マクロ基地局で運用されることが多く、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、伝搬損が一番小さい各ブロックの下限周波数(3.4/3.5GHzと4.5GHz)を採用し、ワーストケースでの検討を行った。

■ mmW帯の検討モデル

- mmW帯は、電波伝搬特性から、BWA帯、Sub6帯とは異なるセル配置になると想定されるため、ITU-Rの検討で用いられている基地局密度※2を引用して検討モデルを策定した。

※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 Document 5-1/36-E Att.2

モンテカルロシミュレーションでの設定

周波数	BWA帯(2.5GHz帯) Sub6帯(3.5GHz帯、4.5GHz帯)	28GHz帯
セルレイアウト	19セル正規配置モデル、3セクタ構成(図1参照)	ITU-R文書を基に策定(図2参照)
基地局	帯域幅	20MHz(2.5GHz帯、3.5GHz帯)、 100MHz(4.5GHz帯)
	局間距離 (ISD)/局 密度	局密度: ITU-Rモデル(左表):都市30基地 局/km ² 、地方都市10基地局/km ² 、 ルーラル1基地局/km ²
	セル半径 (d)	100m一定
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	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

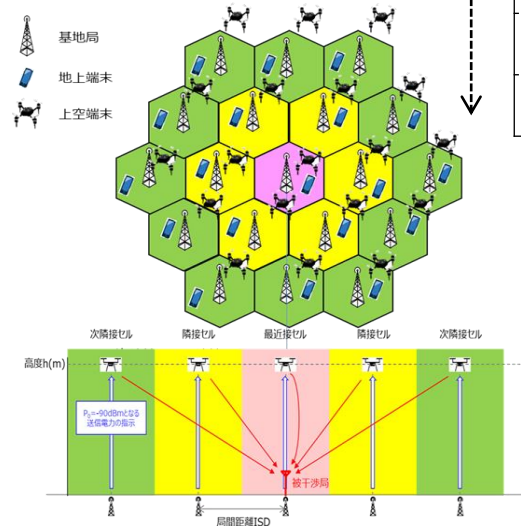
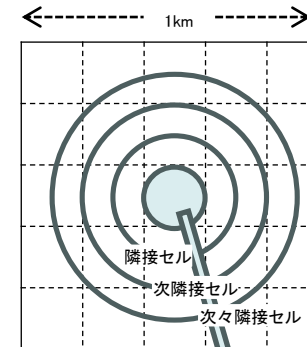


図1 BWA帯、Sub6帯でモンテカルロシミュレーションにより携帯電話等基地局への影響を評価する場合の検討モデル



ITU-R基地局密度から策定した基地局配置

	都市	地方都市	ルーラル
1km ² 当たりの基地局数 ※1	30	10	1
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		

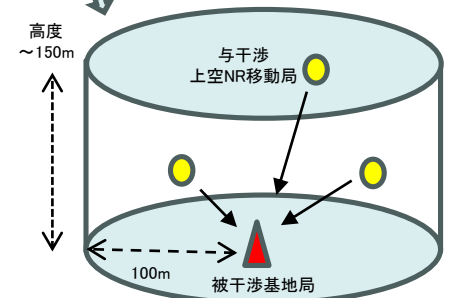


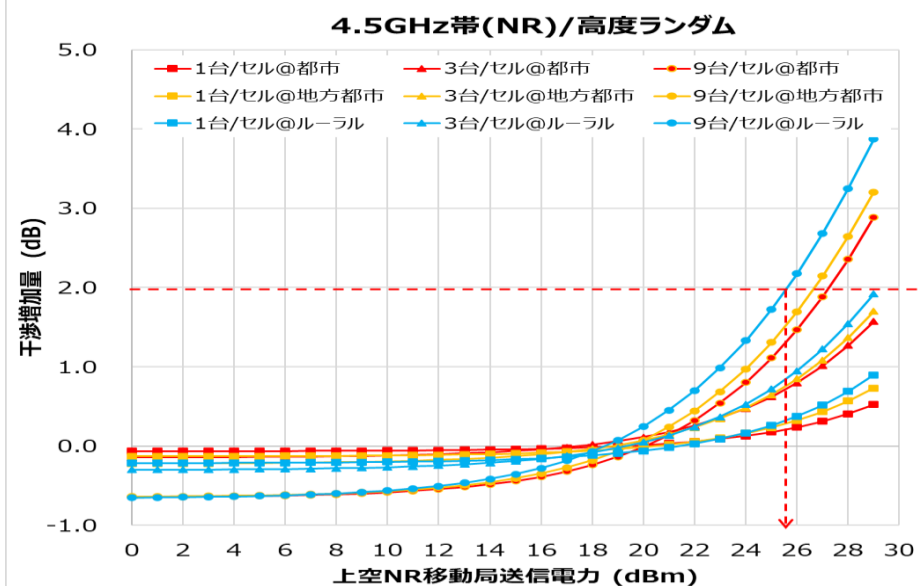
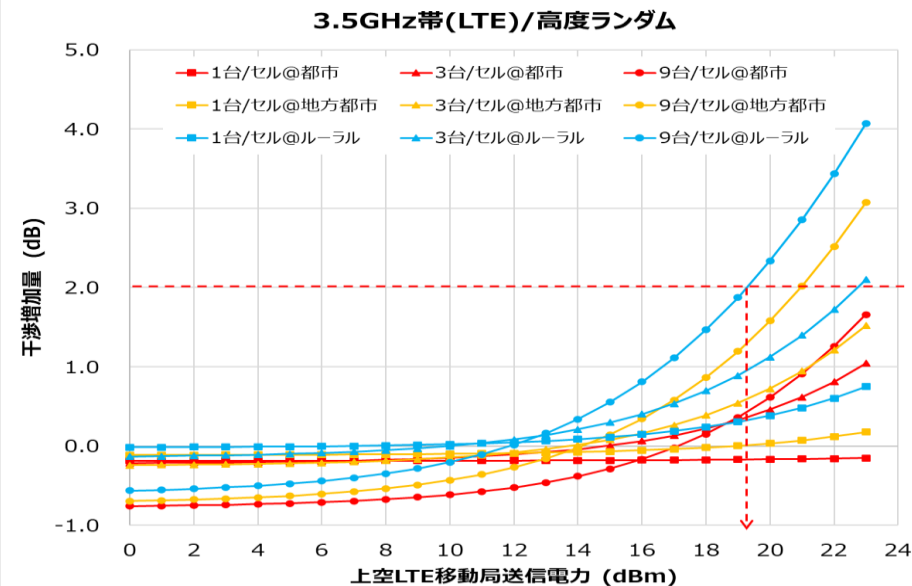
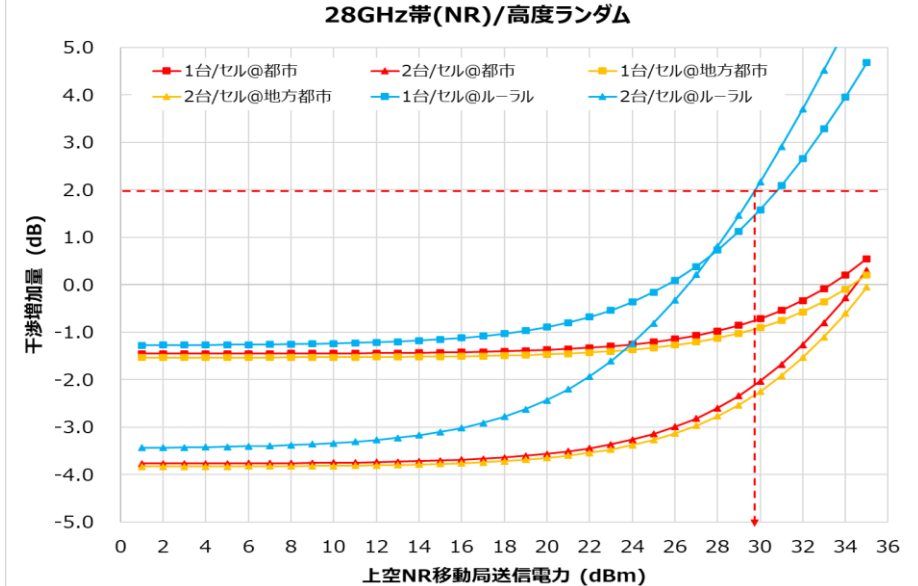
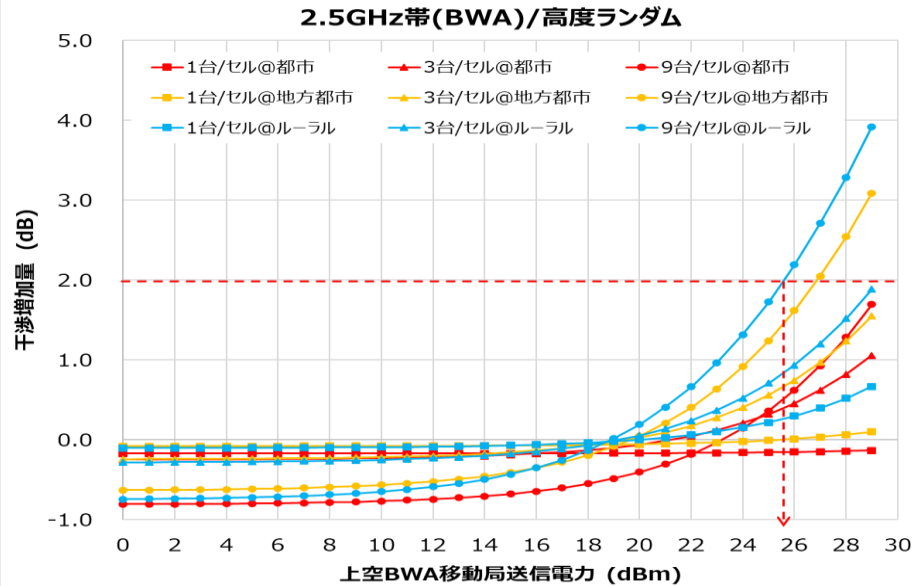
図2 mmW帯でモンテカルロシミュレーションにより携帯電話等基地局への影響を評価する場合の検討モデル

地上携帯電話網等への影響 計算結果

8

■ 地上携帯電話網等への影響に関する計算結果を以下に示す。

■ いずれの周波数帯においても、上空移動局の送信電力を低減すれば、地上携帯電話網等への影響を抑制できることが分かる。



■ 地上携帯電話網等への影響評価結果と、影響回避のための対策案を下表に示す。

周波数帯	検討手法	地上携帯電話等への影響評価	地上携帯電話等への影響回避のための対策案
2.5GHz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。干渉増加2dBで評価すれば、送信電力約25dBmが最大値(高度ランダムでの評価))	免許人自身が、自らの上空における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。(干渉増加2dBで評価すれば、送信電力約19dBm(LTE)、約26dBm(NR)が最大値(高度ランダムでの評価))	免許人自身が、自らの上空における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。(干渉増加2dBで評価すれば、送信電力約30dBm(NR)が最大値(高度ランダムでの評価))	免許人自身が、自らの上空における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。

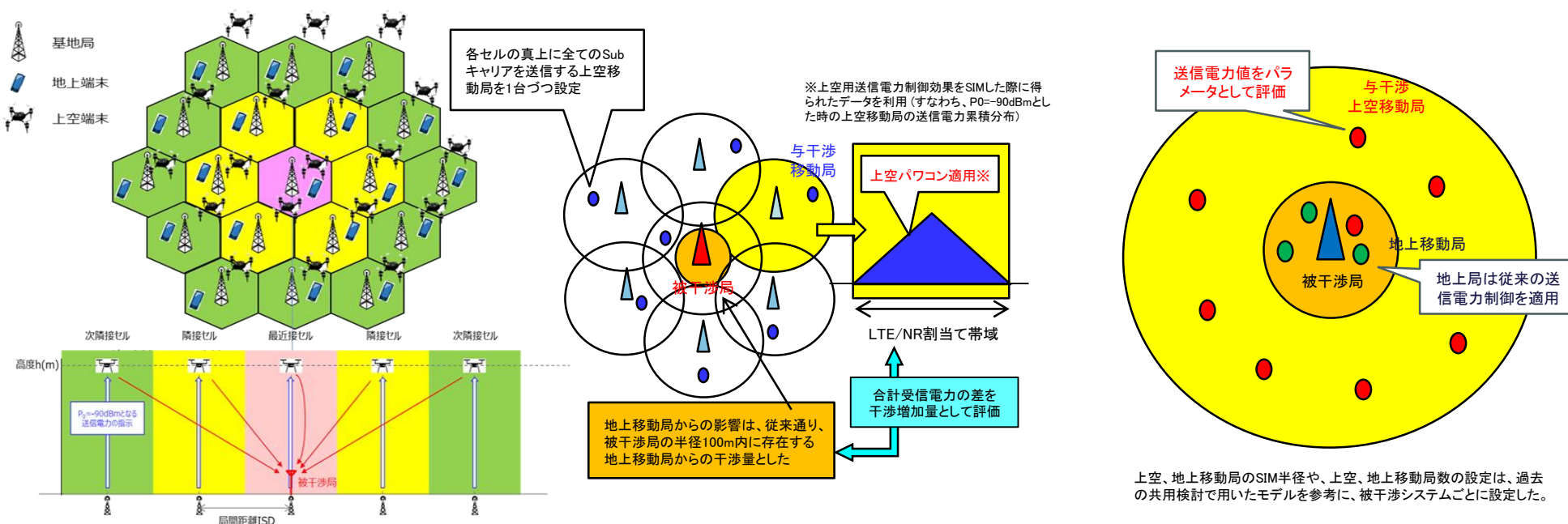
■ 過去の検討※の振り返り

- 被干渉局への地上移動局干渉量と上空移動局干渉量の差を机上計算し、影響度合いを評価。具体的には、被干渉局の周囲100m内に存在する地上移動局からの干渉量（従来の共用検討におけるモデル）と、3GPP 19セルモデルにおいて各セルの上空に存在する上空移動局からの干渉量をモンテカルロシミュレーション（確率計算）により比較し、共用条件への影響度合いを評価している。

■ 今回の検討手法

- 前述した地上携帯電話網等の影響検討と同様に、モンテカルロシミュレーションにおいて、上空移動局の送信電力値をパラメータとして評価する。
- 過去の検討※においては、与干渉側の携帯電話等基地局のセル配置について、全ての共用検討において、3GPP 19セルモデルを前提として評価を行っている。これは、検討対象周波数帯（FDD帯）全域にわたり、携帯電話等基地局のセル構成が同等であると考えられるからである。
- しかし、TDD帯は、検討対象周波数帯が2.5GHz帯～28GHz帯と広範囲であり、前述した携帯電話網等への影響検討と同様に、周波数帯により、検討モデルを変える必要がある。
- 従って、**今回の検討では、基本的に、検討対象となる他の無線システムと携帯電話システムとの過去の共用検討で用いられている検討モデルを参考に、検討対象システムごとに検討モデルを定めることとした。**

※ 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



上空、地上移動局のSIM半径や、上空、地上移動局数の設定は、過去の共用検討で用いたモデルを参考に、被干渉システムごとに設定した。

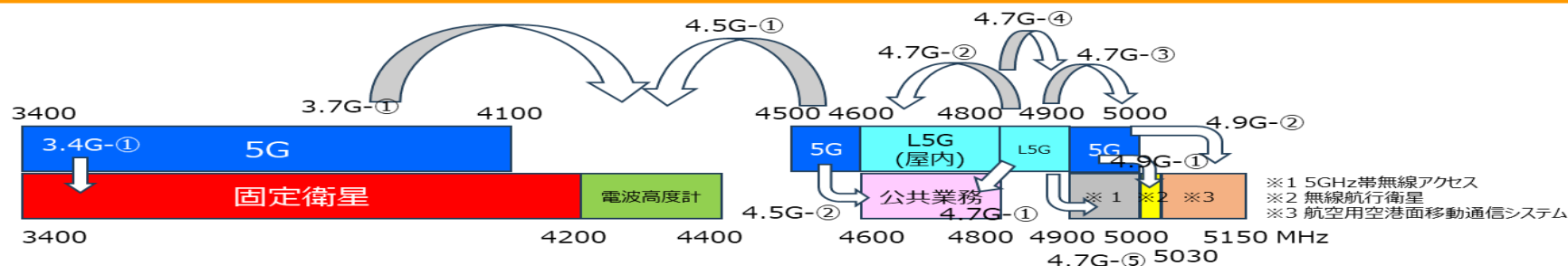
過去の検討における他の無線システムとの共用検討の手法
（モンテカルロシミュレーションを実施）

今回の検討における他の無線システムとの共用検討の手法
（モンテカルロシミュレーションを実施）

共用検討対象システム等の整理(Sub6帯)

- Sub6帯において共用検討対象となる無線システムを以下に示す。検討対象システムは、過去の情通審※における共用検討を参照した。

※ 2023年6月21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



Sub6帯において共用検討対象となる無線システム

シナリオ #	与干渉無線局	被干渉無線局	同一/隣接
3.4G-①	上空LTE移動局@20MHz	固定衛星地球局	同一
3.7G-①	上空NR移動局@100MHz	航空機電波高度計 ※継続検討	隣接
4.5G-①			
4.5G-②	上空NR移動局@100MHz	公共業務	隣接
4.7G-①	上空L5G移動局@100MHz	公共業務	同一(屋内)/隣接
4.7G-②	上空L5G移動局@100MHz	屋内L5G移動局	隣接・非同期
4.7G-③	上空L5G移動局@100MHz	地上NR移動局	隣接・非同期
4.7G-④-1	上空L5G移動局@100MHz	L5G基地局	同一・同期
4.7G-④-2	上空L5G移動局@100MHz	地上L5G移動局	同一・非同期
4.7G-⑤	上空L5G移動局@100MHz	5GHz帯無線アクセスシステム	隣接
4.9G-①	上空NR移動局@100MHz	無線航行衛星	隣接
4.9G-②	上空NR移動局@100MHz	航空用空港面移動通信システム	隣接

■ Sub6帯における他の無線システムとの共用検討結果を下表に示す。

	共用検討結果	共用可能性についての考察
3.4G-① 固定衛星(同一) 上空NR移動局@40MHz⇒固定衛星・地球局	検討結果からは、地球局から500m程度の離隔距離の範囲の場合、高度400m程度までは、上空移動局からの干渉量が、地上NR移動局の干渉量を上回っている。これは、このあたりの高度が、ちょうど地球局アンテナの主ビーム方向に当たっているためと考えられる。また、上空移動局の送信電力を低下させることで、干渉量を低減できることが分かる。	現在、携帯電話基地局と固定衛星地球局で運用している事前調整スキームにおいて、上空移動局(LTE、NR(HPUE))も含めた適切な離隔距離の確保を行えば、固定衛星地球局との共用可能性があると考えられる。
3.7G-①/4.5G-① 航空機電波高度計(隣接) 上空NR移動局@100MHz⇒ 航空機電波高度計・航空機局	継 続 検 討	
4.5G-② 公共業務(隣接) 上空NR移動局@100MHz⇒公共業務	上空NR移動局の高度が低い場合(帯域内=150m以下、帯域外=500m以下)に、地上NR移動局からの干渉量を上回る場合がある。より影響の大きい帯域外を前提に考察すると、上空NR移動局の送信電力を最大で送信するには、高度500m以上で運用することが望ましい。一方、上空NR移動局の送信電力を11dBm程度まで低下せれば、高度75m以上であれば、地上NR移動局の影響を下回る。	事前に免許人同士で、公共業務側の許容干渉電力値を考慮して、上空NR移動局の送信電力を低下させる、公共業務用無線局の近傍では、低高度での運用を避けるなどの調整を行う、又は上空NR移動局の利用制限地域を設定する必要がある。
4.7G-① 公共業務(同一) 屋内・上空NR移動局@100MHz⇒公共業務	屋内の床面で移動局が運用される場合と、空中で運用される場合、被干渉となる公共業務用無線局への与干渉量の差は人体吸収損(8dB)だけとなる。	過去のHPUEとの検討で示された共用条件に加えて、人体吸収損の差を踏まえた、より保守的な屋内での運用場所の設定をすることで、共用可能となると考えられる。
4.7G-① 公共業務(隣接) 屋外・上空NR移動局@100MHz⇒公共業務	4800-4900MHz帯で運用される屋外ローカル5Gの場合は、4.5G-②(全国5G)の検討結果を流用することができる。4.5G-②(全国5G)では、与干渉局19台の合計干渉で評価しているが、4.7G-①はローカル5Gなので、仮に、上空L5G移動局を1局で評価すると、その与干渉量(帯域外)は、概ね4.5G-②(帯域外)の1/19(=-12.8dB)となる。	上空ローカル5G移動局の送信電力を14dBm程度まで低下させれば、地上HPUE移動局と同程度の干渉影響に抑えられるため、共用可能となると考えられるが、基地局の発射制限地域等を踏まえて、上空ローカル5G移動局の利用制限地域を設定する必要がある。

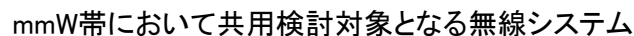
■ Sub6帯における他の無線システムとの共用検討結果を下表に示す。

	共用検討結果	共用可能性についての考察
4.7G-⑤ 5GHz帯無線アクセスシステム(隣接) 上空L5G移動局@100MHz⇒ 5GHz帯無線アクセスシステム	帯域内干渉の場合は、ワーストケース(高度30m)でも、地上ローカル5G移動局からの与干渉量より若干増加する程度(0.7dB)。帯域外干渉では、概ね高度150m以下で、地上ローカル5G移動局からの与干渉量を上回っているが、仮に、4台送信とした場合、5GHz帯無線アクセスシステムの許容干渉電力値を下回る。	5GHz帯無線アクセスシステムの許容干渉電力値を下回っているため、共用可能と考えられる。
4.9G-① 無線航行衛星(隣接) 上空NR移動局@100MHz⇒ 無線航行衛星システム・地球局	- 静止衛星地球局については、5G基地局との所要離隔距離の範囲内で共存可能性があると考えられる。 - 非静止衛星地球局の場合は、地球局の仰角が広範囲に広がるため、上空NR移動局からの干渉影響を受けやすい状況になると考えられる。そのため、前述したように、事前調整で、上空NR移動局の運用条件を含めて、詳細に検討することが必要である。	上空移動局を運用する際には、5G基地局との干渉調整の中で、上空移動局の利用も含めた調整を行なうことが必要である。
4.9G-① 無線航行衛星(隣接) 上空NR移動局@100MHz⇒ 無線航行衛星システム・宇宙局	無線航行衛星システム宇宙局に対しては、地上NR移動局と上空NR移動局の干渉量の違いは、伝搬損の差と、人体吸収損(8dB)だけである。このうち、伝搬損の差は、わずか0.0004dBしかないため、上空NR移動局からの干渉増加量は、8dB/局となる。この結果を用いて、全ての移動局が上空(@1500m)で運用する前提で所要改善量を計算するとマイナス(-1.5dB)になる。	宇宙局については、全ての移動局が上空移動局だった場合でも、所要改善量はマイナスとなるため、共用可能と考えられる。
4.9G-②航空機空港面移動通信システム (隣接) 上空NR移動局@100MHz⇒ 航空機空港面移動通信システム・航空機局	与干渉局となる上空NR移動局5台が同じ場所に存在するという前提で、正対条件で干渉影響度合いを評価したところ、所要離隔距離は、空港用地端から約4.84km。	航空機空港面移動通信システムが運用されているエリアの近傍で、上空移動局の運用を行う場合は、4.9km程度の離隔距離を確保すれば、共用可能と考えられる。

■ Sub6帯における他の無線システムとの共用検討結果を下表に示す。

	共用検討結果	共用可能性についての考察
4.7G-② 移動通信システム相互 (隣接・非同期) 上空L5G移動局@100MHz⇒屋内L5G移動局	上空NR/ローカル5G移動局3台で評価すると、最大送信電力時に干渉発生確率を3%以下とするには、被干渉となる屋内ローカル5G移動局との距離を38m以上確保する必要がある。	数十m程度の離隔距離を確保した上で、周囲の免許人との間で適切な運用調整を行った上で運用すれば共用可能と考えられる。
4.7G-③ 移動通信システム相互 (隣接・非同期) 上空L5G移動局@100MHz⇒地上5G移動局	上空ローカル5G移動局3台で評価すると、最大送信電力時に干渉発生確率を3%以下とするには、被干渉となる地上NR移動局との距離を97m以上確保する必要がある。	100m程度の離隔距離を確保した上で、周囲の免許人との間で適切な運用調整を行った上で運用すれば共用可能と考えられる。 - 所要離隔距離を小さくする方法としてサイトエンジニアリングの活用が考えられる。低い高度などで干渉影響が見通し環境 (LOS) に及ばない場合は、上空利用が有利になることがある。したがって、見通しの有無など上空利用を実施する状況に応じた実環境を適切に判断して適用することで、離隔距離を短縮することが考えられる。
4.7G-④-1 移動通信システム相互 (同一・同期) 上空L5G移動局@100MHz⇒L5G基地局	上空ローカル5G移動局が最大送信電力で送信する場合の所要離隔距離は、約40km。上空ローカル5G移動局の送信電力を低減することで、所要離隔距離を短くすることができる。仮に、所要離隔距離5kmで運用する場合は、上空移動局の高度が、150m程度までは10dBm程度、500m以上の場合は、15～20dBm程度までの送信電力に制限する必要がある。	- 同一帯域では、干渉影響が大きいので、周囲の免許人との運用調整において、適切な送信電力値、離隔距離について、確認した上で運用することが必要不可欠であると考えられる。 - 所要離隔距離を小さくする方法としてサイトエンジニアリングの活用が考えられる。低い高度などで干渉影響が見通し環境 (LOS) に及ばない場合は、上空利用が有利になることがある。したがって、見通しの有無など上空利用を実施する状況に応じた実環境を適切に判断して適用することで、離隔距離を短縮することが考えられる。
4.7G-④-2 移動通信システム相互 (同一・非同期) 上空L5G移動局@100MHz⇒地上L5G移動局	上空ローカル5G移動局が最大送信電力で送信する場合の所要離隔距離は、約27km。上空ローカル5G移動局の送信電力を低減することで、所要離隔距離を短くすることができる。仮に、所要離隔距離5kmで運用する場合は、14dBm程度までの送信電力に制限する必要がある。	- 同一帯域では、干渉影響が大きいので、周囲の免許人との運用調整において、適切な送信電力値、離隔距離について、確認した上で運用することが必要不可欠であると考えられる。 - 同一周波数の場合、同期条件も考慮した運用調整が必要。 - 所要離隔距離を小さくする方法としてサイトエンジニアリングの活用が考えられる。低い高度などで干渉影響が見通し環境 (LOS) に及ばない場合は、上空利用が有利になることがある。したがって、見通しの有無など上空利用を実施する状況に応じた実環境を適切に判断して適用することで、離隔距離を短縮することが考えられる。

- ※ 2023年6月21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



シナリオ #	与干渉無線局	被干渉無線局	同一/隣接
28G-①	上空NR移動局@400MHz	FWA	隣接
28G-②	上空NR移動局@400MHz	地球探査衛星業務	隣接
28G-③	上空NR移動局@400MHz	固定衛星・衛星局	同一
28G-④	上空L5G移動局@400MHz	地上NR移動局	隣接・非同期
28G-⑤-1	上空L5G移動局@400MHz	L5G基地局	同一・同期
28G-⑤-2	上空L5G移動局@400MHz	地上L5G移動局	同一・非同期

共用検討結果 (mmW帯)

■ mmW帯における他の無線システムとの共用検討結果を下表に示す。

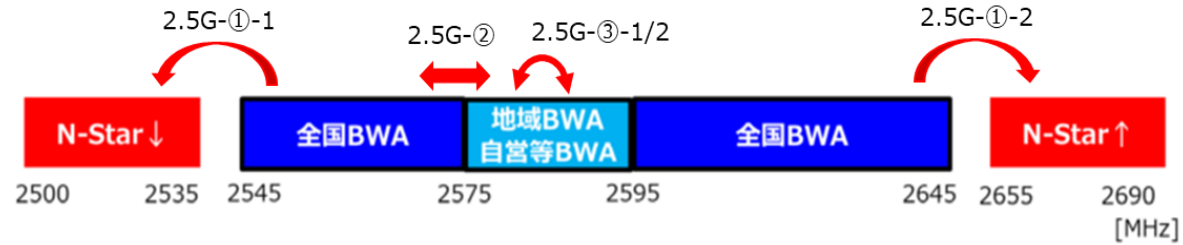
干渉シナリオ	共用検討結果	共用可能性についての考察
28G-① FWA(隣接) 上空NR移動局@400MHz⇒FWA	上空NR移動局高度が、被干渉局の空中線高となった場合(=20m)に、ワーストケース(47dB増加)となる。これを離隔距離で回避するには、157kmの離隔距離が必要である。	FWAシステムと共用するには、離隔距離を確保することに加え、空間的な共用スキームを適用する必要があると考えられる。
28G-② 地球探査業務・宇宙研究業務(隣接) 上空NR移動局@400MHz⇒地球局	1対1モデル(正対)で検討すると、EESS地球局との間に約17.5km、SRS地球局との間に約15.4kmの離隔距離が必要。	EESS地球局とは約17.5km、SRS地球局とは約15.4kmの離隔距離を確保すれば、共用可能であると考えられる。
28G-③ 固定衛星・衛星局(同一) 上空NR移動局@400MHz⇒固定衛星・衛星局	- 地上NR移動局と上空NR移動局の空中線特性は同じであるため、衛星局(静止衛星)への与干渉量の違いは、伝搬距離の差による伝搬損だけになる。 - 地上NR移動局と高度150mの上空NR移動局から衛星局(高度36,000km)までの伝搬損の差は、わずか0.00036dBであり、干渉影響は、地上NR移動局と変わらない。	上空移動局から衛星局への与干渉量は、地上移動局と変わらないと考えられる。従って、従来の共用条件で共用可能と考えられる。 - 現在のITU-R Radio Regulationsや電波法令等に基づく基地局の設置を変更する必要性が今後生じた場合には、ビームフォーミングの扱いに留意して改めて検討を進めることが適当であると考えられる。
28G-④ 移动通信システム相互(隣接・非同期) 上空L5G移動局@400MHz⇒地上L5G移動局	- 上空ローカル5G移動局2台で評価すると、最大送信電力時に干渉発生確率を3%以下とするには、被干渉となる地上NR移動局との離隔距離を約15km以上確保する必要がある。 - 仮に、5kmの離隔距離で運用する場合は26dBm程度までに送信電力を制限する必要があることが分かる。	- ある程度の離隔距離を確保した上で、上空移動局の送信電力を低減する等、周囲の免許人との間で適切な運用調整を行った上で運用すれば共用可能と考えられる。 - 所要離隔距離を小さくする方法としてサイトエンジニアリングの活用が考えられる。低い高度などで干渉影響が見通し環境(LOS)に及ばない場合は、上空利用が有利になることがある。したがって、見通しの有無など上空利用を実施する状況に応じた実環境を適切に判断して適用することで、離隔距離を短縮することが考えられる。
28G-⑤-1 移动通信システム相互(同一・同期) 上空L5G移動局@400MHz⇒L5G基地局	- 上空NR/ローカル5G移動局が最大送信電力で送信する場合の所要離隔距離は、約68km。 - 上空ローカル5G移動局の送信電力を低減することで、所要離隔距離を短くすることができる。仮に、所要離隔距離5kmで運用する場合は、13dBm程度までの送信電力に制限する必要がある。	- 同一帯域では、干渉影響が大きいので、周囲の免許人との運用調整において、適切な送信電力値、離隔距離について、確認した上で運用することが必要不可欠であると考えられる。 - 所要離隔距離を小さくする方法としてサイトエンジニアリングの活用が考えられる。低い高度などで干渉影響が見通し環境(LOS)に及ばない場合は、上空利用が有利になることがある。したがって、見通しの有無など上空利用を実施する状況に応じた実環境を適切に判断して適用することで、離隔距離を短縮することが考えられる。
28G-⑤-2 移动通信システム相互(同一・非同期) 上空L5G移動局@400MHz⇒地上L5G移動局	- 上空NR/ローカル5G移動局が最大送信電力で送信する場合の所要離隔距離は、約75km。 - 上空ローカル5G移動局の送信電力を低減することで、所要離隔距離を短くすることができる。仮に、所要離隔距離5kmで運用する場合は、12dBm程度までの送信電力に制限する必要がある。	- 同一帯域では、干渉影響が大きいので、周囲の免許人との運用調整において、適切な送信電力値、離隔距離について、確認した上で運用することが必要不可欠であると考えられる。 - 所要離隔距離を小さくする方法としてサイトエンジニアリングの活用が考えられる。低い高度などで干渉影響が見通し環境(LOS)に及ばない場合は、上空利用が有利になることがある。したがって、見通しの有無など上空利用を実施する状況に応じた実環境を適切に判断して適用することで、離隔距離を短縮することが考えられる。

共用検討対象システム等の整理(2.5GHz帯)

17

- 2.5GHz帯において共用検討対象となる無線システムを以下に示す。検討対象システムは、過去の情通審※における共用検討を参照した。

※ 2023年6月21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



2.5GHz帯において共用検討対象となる無線システム

シナリオ #	与干渉無線局	被干渉無線局	同一/隣接
2.5G-①-1	上空BWA移動局@20MHz	N-STAR移動局	隣接
2.5G-①-2	上空BWA移動局@20MHz	N-STAR衛星局	隣接
2.5G-②	上空BWA移動局@20MHz	BWA移動局	隣接・非同期
2.5G-③-1	上空BWA移動局@20MHz	BWA基地局	同一/同期
2.5G-③-2	上空BWA移動局@20MHz	BWA移動局	同一/非同期

共用検討結果 (2.5GHz帯)

■ 2.5GHz帯における他の無線システムとの共用検討結果を下表に示す。

	共用検討結果	共用可能性についての考察
2.5G-①-1 N-STAR (隣接) 上空BWA移動局@20MHz ⇒N-STAR移動局	上空BWA移動局からの干渉量は、高度によらず、地上BWA移動局からの与干渉電力値を下回る。	過去の共用検討において、地上BWA移動局とN-STAR移動局は共用可能となっているため、上空BWA移動局も共用可能と考えられる。
2.5G-①-2 N-STAR (隣接) 上空BWA移動局@20MHz ⇒N-STAR衛星局	上空BWA移動局から、N-STAR衛星局への与干渉量は、伝搬距離の差による伝搬損だけしか変わらない。そのため、地上BWA移動局と同じ。	地上BWA移動局とN-STAR衛星局は共用可能であるため、上空BWA移動局も共用可能と考えられる。
2.5G-② 移動通信システム相互 (隣接・非同期) 上空BWA移動局@20MHz ⇒全国BWA移動局	上空BWA移動局の運用台数によって影響度合いが変わるが、仮に、3台運用とした場合は、最大送信電力時に干渉発生確率を3%以下にするための所要離隔距離は2.910mとなるが、現状の地域/自営等BWAの普及状況を勘案すれば、実現可能であると考えられる。	- 周囲のBWA免許人との間で運用調整を行なう上で、運用する上空BWA移動局に合わせた適切な離隔距離を確保すれば共用可能性があると考えられる。 - 所要離隔距離を小さくする方法としてサイトエンジニアリングの活用が考えられる。低い高度などで干渉影響が見通し環境(LOS)に及ばない場合は、上空利用が有利になることがある。したがって、見通しの有無など上空利用を実施する状況に応じた実環境を適切に判断して適用することで、離隔距離を短縮することが考えられる。
2.5G-③-1 移動通信システム相互 (同一・同期) 上空BWA移動局@20MHz ⇒BWA基地局	- 上空BWA移動局が最大送信電力で送信する場合の所要離隔距離は、116km。 - 上空BWA移動局の送信電力を低減することで、所要離隔距離を短くすることができる。仮に、所要離隔距離5kmで運用する場合は、上空移動局の高度が、150m程度までは2dBm程度、500m以上の場合は、10～20dBm程度までの送信電力に制限する必要がある。	- 干渉影響が大きいため、周囲の免許人との運用調整において、適切な送信電力値、離隔距離について、確認した上で運用することが必要不可欠であると考えられる。 - 所要離隔距離を小さくする方法としてサイトエンジニアリングの活用が考えられる。低い高度などで干渉影響が見通し環境(LOS)に及ばない場合は、上空利用が有利になることがある。したがって、見通しの有無など上空利用を実施する状況に応じた実環境を適切に判断して適用することで、離隔距離を短縮することが考えられる。
2.5G-③-2 移動通信システム相互 (同一・非同期) 上空BWA移動局@20MHz ⇒BWA移動局	- 上空BWA移動局が最大送信電力で送信する場合の所要離隔距離は、36.7km。 - 上空BWA移動局の送信電力を低減することで、所要離隔距離を短くすることができる。仮に、離隔距離5kmで運用する場合は、上空BWA移動局の高度によらず、約11dBmまでの送信電力に制限する必要がある。	- 干渉影響が大きいため、周囲の免許人との運用調整において、適切な送信電力値、離隔距離について、確認した上で運用することが必要不可欠であると考えられる。 - 同一周波数の場合、同期条件も考慮した運用調整が必要。 - 所要離隔距離を小さくする方法としてサイトエンジニアリングの活用が考えられる。低い高度などで干渉影響が見通し環境(LOS)に及ばない場合は、上空利用が有利になることがある。したがって、見通しの有無など上空利用を実施する状況に応じた実環境を適切に判断して適用することで、離隔距離を短縮することが考えられる。

■ TDD帯における携帯電話等の上空利用に向けた共用検討に関して、以下の検討結果を得た。

➤ 地上携帯電話網等への影響について

- FDD帯と同様に、携帯電話事業者が自らの判断で、上空移動局の送信電力を適切に管理することで、地上携帯電話網等へは大きな問題は発生しないことが分かった。

➤ 同一/隣接周波数帯の他の無線システムとの共用検討

- mmW帯、2.5GHz帯及びSub6帯の一部(3.7GHz帯、4.5GHz帯以外)については、上空移動局の送信電力が適切になるように管理することを前提としたうえで、必要に応じて、被干渉となる無線システムとの間で個別調整を行えば、大きな干渉量増加は発生しないと考えられる。
- Sub6帯の一部の帯域(3.7GHz帯、4.5GHz帯)については、被干渉となる航空機電波高度計との共用検討を継続して、適切な共用条件を策定することが必要である。

■ TDD帯における上空利用可能な周波数帯と対象システム

- 2.5GHz帯(BWA)、3.5GHz帯(LTE/5G)、4.7GHz帯(ローカル5G)、4.9GHz帯(5G)、28GHz帯(5G及びローカル5G)
- LTE-Advanced(TDD)方式、TDD-NR(5G)、BWA方式、ローカル5G方式について、従来の技術的条件に上空利用に必要な事項を加えることで、上空利用時の技術的条件を定めることとする。
- なお、3.7GHz帯、4.5GHz帯における全国5Gの上空利用については、航空機電波高度系との共用検討の進捗に応じて、改めて本委員会で技術的条件の検討を行うこととする。

■ TDD帯における上空利用可能な最大高度

- FDD帯域と同様に、上空利用が可能な最大高度については、特段制限を設けないこととする。

■ 送信電力制御

- FDD帯と同様に、適切な送信電力制御が適用された移動局に限り、上空利用を認めることとする。

	LTE-Advanced (TDD)	5G (TDD-NR)		ローカル5G		BWA
周波数帯	2.3GHz帯(2.33GHz-2.37GHz)及び3.5GHz帯(3.4GHz-3.6GHz) <u>(無人航空機や有人ヘリコプター等に移動局を搭載して上空で利用する場合にあっては、上記のうち3.5GHz帯の周波数を使用すること。)</u>	2.3GHz帯(2.33GHz-2.37GHz)、3.5GHz帯(3.4GHz-3.6GHz)、3.7GHz帯(3.6GHz-4.1GHz)、4.5GHz帯(4.5GHz-4.6GHz)及び4.9GHz帯(4.9GHz-5.0GHz) <u>(無人航空機や有人ヘリコプター等に移動局を搭載して上空で利用する場合にあっては、上記のうち3.5GHz帯、4.9GHz帯の周波数を使用すること。)</u>	28GHz帯(27.0GHz-28.2GHz及び29.1GHz-29.5GHz)	4.7GHz帯(4.6GHz-4.9GHz)	28GHz帯(28.2GHz-29.1GHz)	2.5GHz帯
送信電力制御	基地局からの電波の受信電力の測定又は当該基地局からの制御情報に基づき空中線電力が必要最小限になるよう自動的に制御する機能を有すること。 <u>上空で利用される移動局にあっては、移動局が上空に存在していることを前提とした基地局からの制御情報に基づく空中線電力の制御を自動的に行える機能を有すること。</u>					<u>上空で利用される移動局にあっては、移動局が上空に存在していることを前提とした基地局からの制御情報に基づく空中線電力の制御を自動的に行える機能を有すること。</u>

※ 上空利用に関する項目のみ抜粋。その他の項目については従前と同様の技術的条件。

参考資料1. 共用検討に用いたパラメータ

上空移動局の検討パラメータ

■ 携帯電話網等への干渉影響、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	3.5GHz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 ※3
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			
		地域BWA共用検討値: -10.8dBm/MHz	スプリアス -36dBm/1kHz(9KHz-150KHz) -36dBm/10kHz(150KHz-30MHz) -36dBm/100kHz(30MHz-1GHz) -30dBm/MHz(1GHz-18GHz)	スプリアス -30dBm/MHz	スプリアス -13dBm/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(1.5～1,500m)			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

水平

[dB]

5

-70

-180

0

180 [deg]

垂直

[dB]

5

-70

-180

0

180 [deg]

図1 HPUE(PC1)アンテナパターン

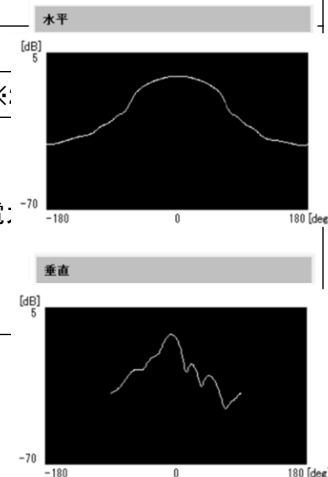


図1 HPUE(PC1)アンテナパターン

※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

基地局の検討パラメータ

■ 携帯電話網等への干渉影響、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。

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	2.5/3.5GHz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(最大) ※3	図3参照(最大) ※3
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	6m(都市、地方都市) 15m(ルーラル)
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

※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

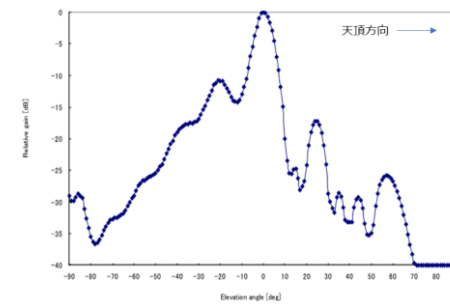
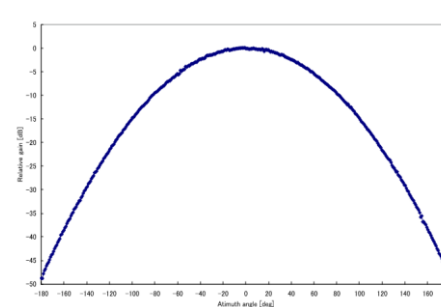


図1 BWA帯、Sub6帯基地局のアンテナパターン(左:水平、右:垂直)

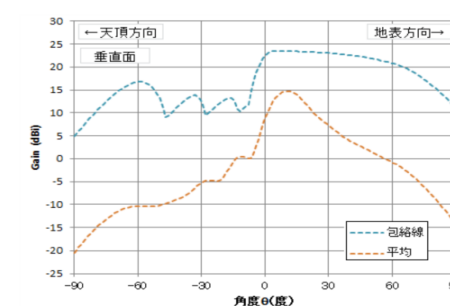
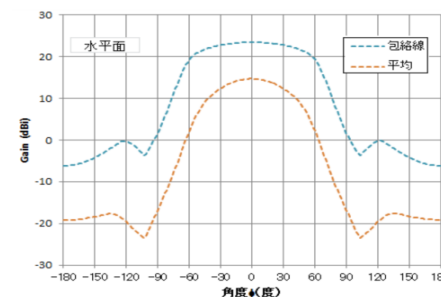


図2 Sub6帯NR基地局のアンテナパターン(左:水平、右:垂直)

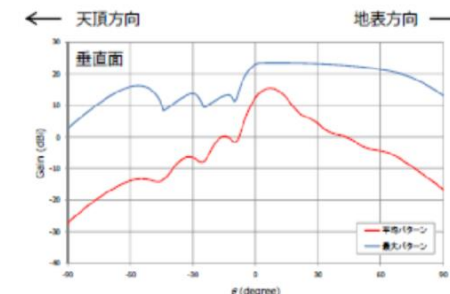
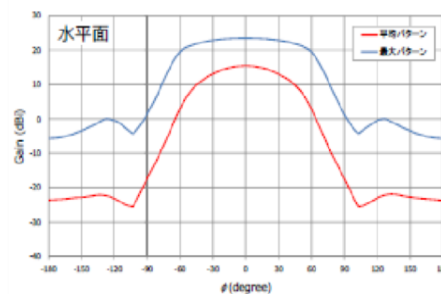


図3 mmW帯NR基地局アンテナパターン(左:水平、右:垂直)

- 他の無線システムとの共用検討に用いた被干渉側パラメータは以下の通り。

固定衛星地球局のパラメータ

項目	固定衛星地球局 ※1
許容干渉電力	-130.9dBm/MHz
受信アンテナ利得	46.5dBi
給電損	0.7dB
受信高	55m

※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

公共業務 無線局のパラメータ

項目		公共業務 ※1
帯域幅		公共業務用無線局の値
空中線利得		公共業務用無線局の値
アンテナパターン		公共業務用無線局の値
チルト角		0度
空中線高		20m
受信系給電線損失		1 dB
許容干渉電力	帯域内干渉	公共業務用無線局の値
	帯域外干渉	公共業務用無線局の値

※1 2018年7月31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

5GHz帯無線アクセスシステムのパラメータ

項目	5GHz帯無線アクセスシステム
アンテナ利得	16dBi
アンテナパターン	図1参照
給電損	0.0dB
空中線高	12m
許容干渉電力	-118.8dBm/MHz
許容感度抑圧電力	-36dBm

※1 2018年7月31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

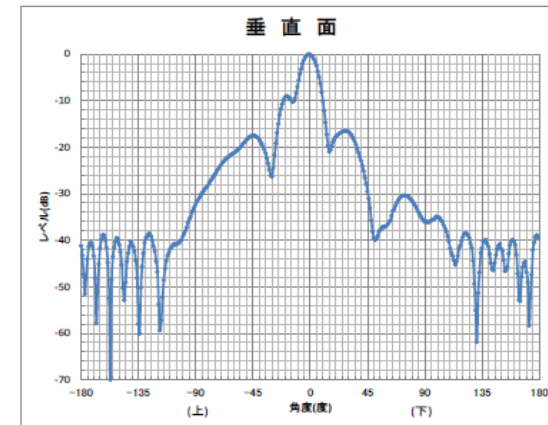
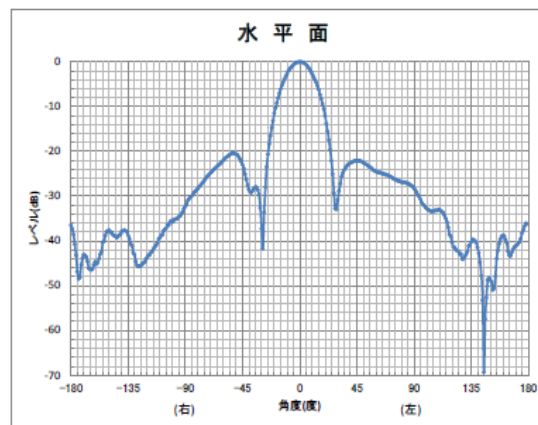


図1 5GHz帯無線アクセスシステムアンテナパターン

■ 他の無線システムとの共用検討に用いた被干渉側パラメータは以下の通り。

被干渉 無線航行衛星システム（地球局）のパラメータ

項目	設定値
設置場所	常陸太田、沖縄本島第一
空中線地上高	地球局ごとの値
空中線指向特性	地球局ごとの値（勧告 ITU-R S.580又はS.465準拠）
仰角・方位角	地球局ごとの値
給電線損失	地球局ごとの値
許容干渉電力	提示された値

※1 2024年3月12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

被干渉 航空機空港面移動通信システム（航空機局）のパラメータ

項目	航空機局（上空利用時）	備考
受信周波数	5030MHz	
空中線利得	6dBi	
アンテナパターン	最大利得	
空中線高	10m以上	
給電損	3dB	
許容干渉電力（帯域内）	-110dBm/5MHz	= -117dBm/MHz
許容干渉電力（帯域外）	-43dBm(5MHz離調)	

※1 2024年3月12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

NR/L5Gシステムのパラメータ

項目	NR/L5G移動局※1	マクロセルL5G基地局※1
受信周波数	4.7G-② 4800MHz 4.7G-③ 4900MHz	4850MHz
受信帯域幅	100MHz	100MHz
受信アンテナ利得	0dBi ※2	約23dBi 素子当たり5dB、素子数8×8
アンテナパターン	オムニ ※2	勧告 ITU-R M.2101 図1参照
給電損等	0dB ※2	3dB
受信空中線高	1.5m	40m
機会チルト	—	6度
その他損失	8dB（人体吸収損） 16.2dB（建物侵入損）※3	—
許容干渉電力	-111dBm/MHz （I/N=-6dB、NF=9dB）	-115dBm/MHz （I/N=-6dB、NF=5dB）

※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で検討

※3 4.7G-②の場合にのみ適用

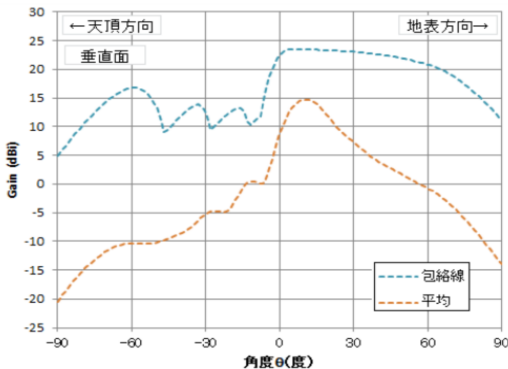
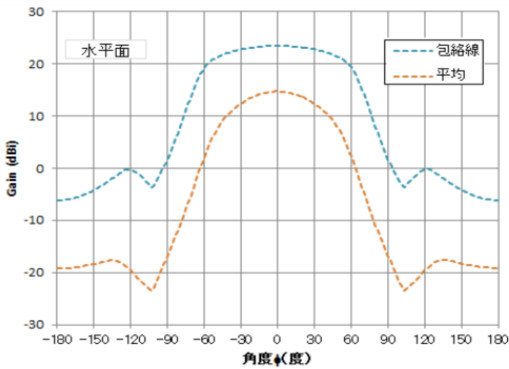


図1 L5G基地局（マクロセル局）のアンテナパターン（左：水平、右：垂直）

- 他の無線システムとの共用検討に用いた被干渉側パラメータは以下の通り。

FWAシステムのパラメータ

項目	FWAシステム ※1
アンテナ利得	42dBi
アンテナパターン	勧告 ITU-R F.699(D=0.6m)
チルト角	0度
空中線高	20m
給電損	0dB
許容干渉電力	-116.8dBm/MHz

※1 2018年7月31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

L5Gシステムのパラメータ

項目	L5G移動局※1	L5G基地局※1
受信周波数	28G-④ 28.4GHz 28G-⑤ 28.4GHz	28.2GHz
受信帯域幅	400MHz	400MHz
受信アンテナ利得	20dBi ※2	約23dBi 素子当たり5dB、素子数8×8
アンテナパターン	平均パターン 図1	勧告 ITU-R M.2101 図2
給電損等	0dB ※2	3dB
受信空中線高	1.5m	15m
機械チルト	—	10度
その他損失	0dB	—
許容干渉電力	-110dBm/MHz	-110dBm/MHz

※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)で検討

地球探査衛星業務/宇宙研究業務(地球局)のパラメータ

項目	EESS地球局 ※1	SRS地球局
受信周波数	27.0GHz	
最大空中線利得	60.4dBi	79.6dBi
アンテナパターン	ITU-R S.465-6	
アンテナ口径	5m	54m
仰角	5度	7度
空中線高	5m	32.75m
許容干渉電力	-143dBW/10MHz (時間率20%) =-123dBm/MHz -116dBW/10MHz (時間率0.005%) =-96dBm/MHz	-156dBW/MHz (0.1%) =-126dBm/MHz

※1 2018年7月31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

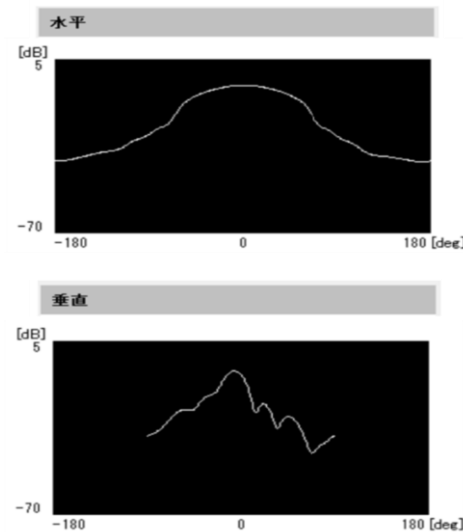


図1 HPUE(PC1)アンテナパターン

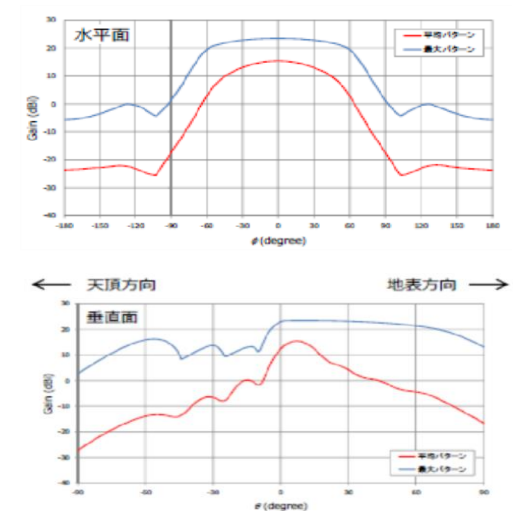


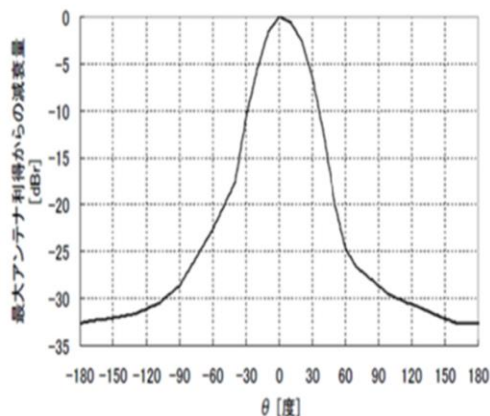
図2 L5G基地局アンテナパターン
(上:水平、下:垂直)

- 他の無線システムとの共用検討に用いた被干渉側パラメータは以下の通り。

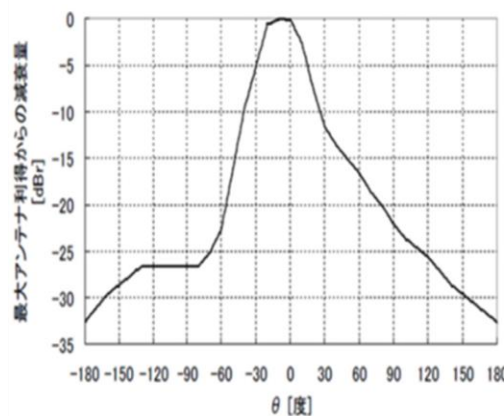
N-STAR移動局の受信パラメータ

項目	N-STAR移動局 ※1
許容干渉電力	-124.9dBm/MHz
受信アンテナ利得	12.6dBi
給電損	0dB
アンテナパターン	図1参照
仰角	48度
受信高	1.5m

※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



移動衛星(N-STAR移動局) 水平面



移動衛星(N-STAR移動局) 垂直面

図1 N-STAR移動局アンテナパターン

BWAシステムの受信パラメータ

項目	BWA移動局※2	BWA基地局※2
受信周波数	2585MHz	2585MHz
受信帯域幅	20MHz	20MHz
受信アンテナ利得	4dBi ※3	17dBi
アンテナパターン	オムニ	勧告 ITU-R M.1646 図2参照
給電損等	0dB	5dB
受信空中線高	1.5m	40m
その他損失	-	-
許容干渉電力	-112dBm/MHz	-114dBm/MHz

※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 HPUEで検討

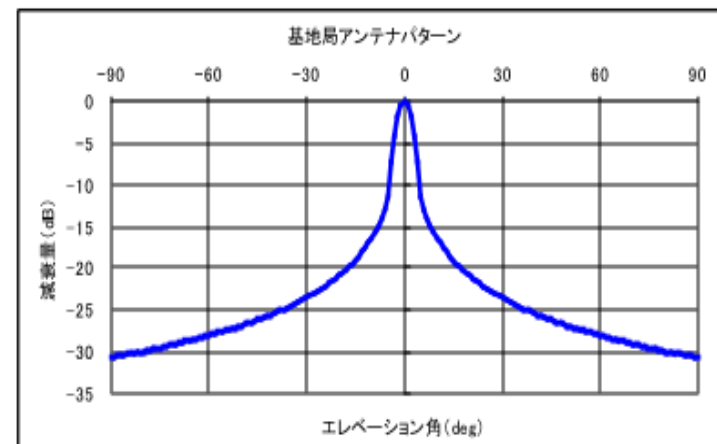


図2 BWA基地局のアンテナパターン

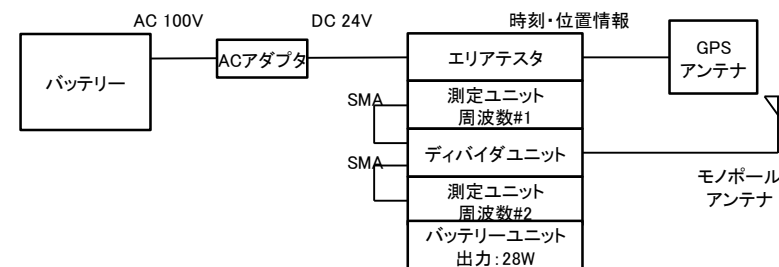
参考資料2. 上空電界強度測定

TDD帯上空電界強度測定概要

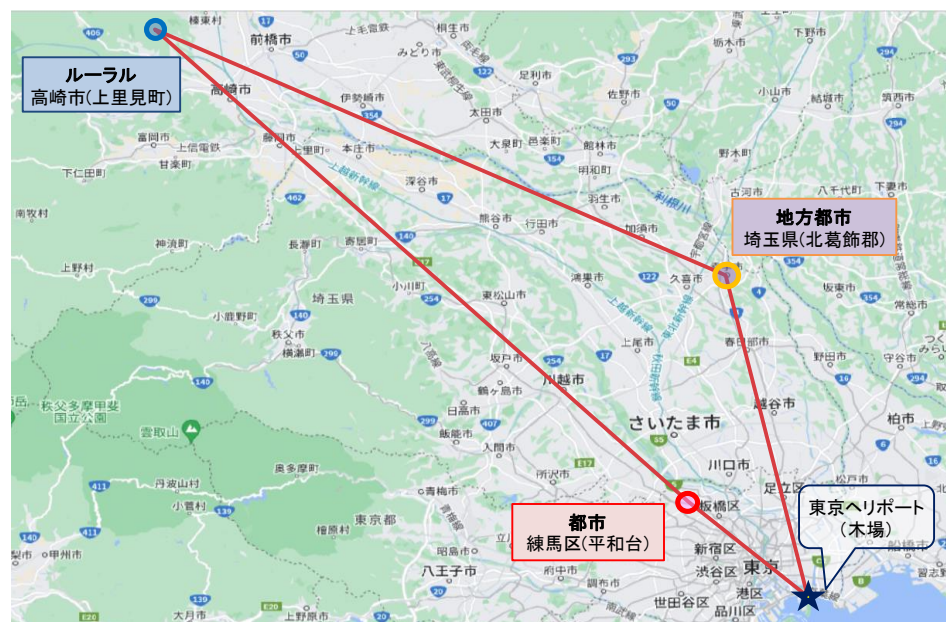
- 日本全国から2つ以上の地点(都市、地方都市及びルーラルから重複しない地点。)を選定。
- 選定した地点ごとに、上空の複数の高度において、実際の携帯電話基地局からの送信信号の電界強度を測定し、計算機シミュレーションとの対比でTDD帯の上空における電波伝搬特性を検討する。
- 測定地点、手法等は、下表、下図の通り。
- 伝搬モデルの考察
 - 携帯電話基地局から送信される基準信号(RS: Reference Signal)は基地局毎に固定した電力で送信されるため、伝搬損失(パスロス)の算出に用いることが可能。受信したRSのセルID等と測定時の高度、緯度・経度情報から、伝搬距離に対するパスロスを算出する。
 - 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し、測定結果から得られるパスロスとの差を比較考察する。

$$(\text{電界強度}) = (\text{基地局送信電力}) - (\text{基地局給電線損失}) + (\text{基地局アンテナ利得}) - (\text{指向性減衰量}) - (\text{伝搬損失モデルから得られるパスロス}) + (\text{測定器アンテナ利得}) - (\text{測定器ケーブル損失})$$

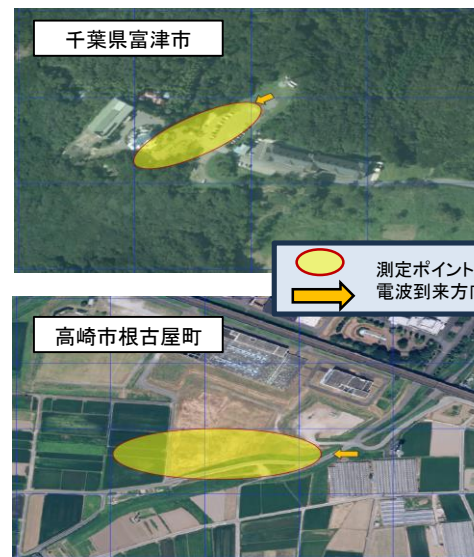
測定周波数帯	3.5GHz帯、4.5GHz帯	28GHz帯
測定地点	都市: 東京都練馬区平和台 地方都市: 埼玉県北葛飾郡 ルーラル: 群馬県高崎市上里見町	千葉県富津市/群馬県高崎市根古屋町
測定手法	ヘリに測定器を搭載し、上空にて測定	ドローンに測定器を搭載し、上空にて測定
測定項目	- 携帯電話基地局から送信される基準信号(RS)の受信電力 - 受信した信号がどの基地局、セルからの信号かを識別する物理セルID - 測定場所の緯度、経度情報(GPS)	



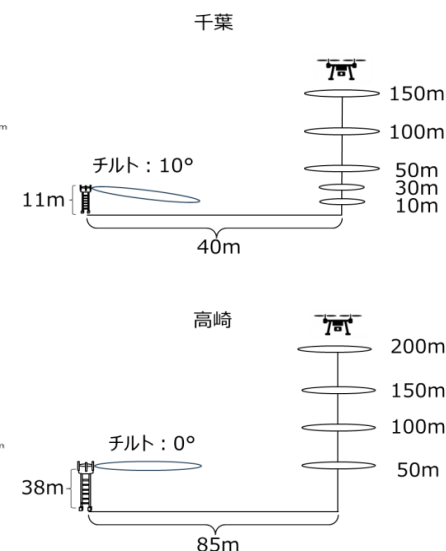
測定系構成図



3.5GHz帯、4.5GHz帯の測定地点



28GHz帯の測定地点

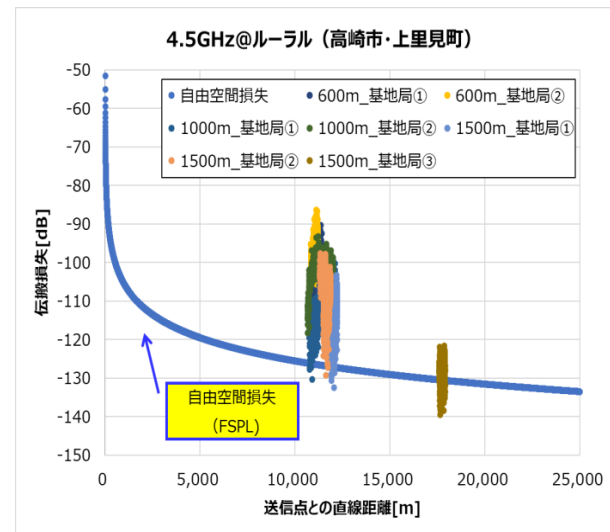
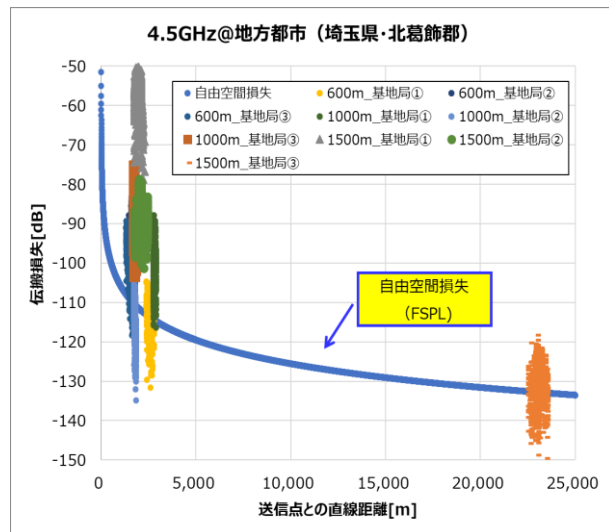
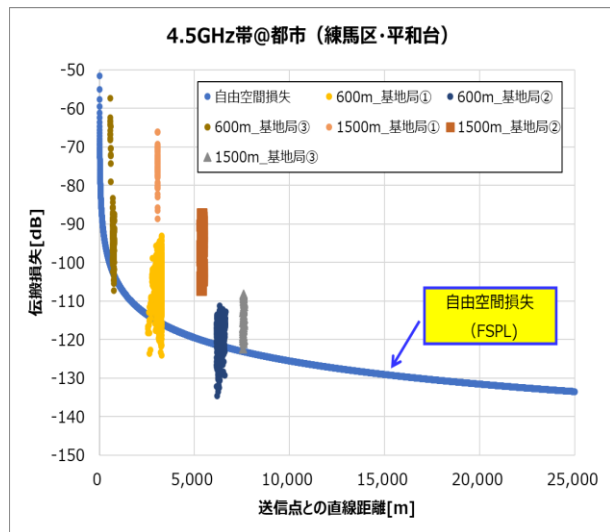
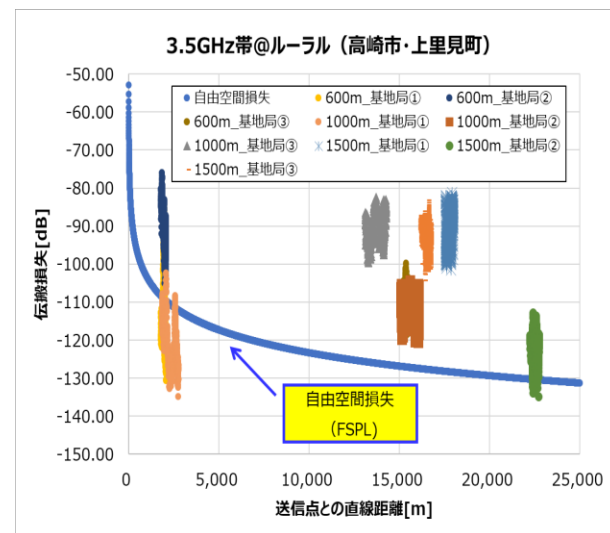
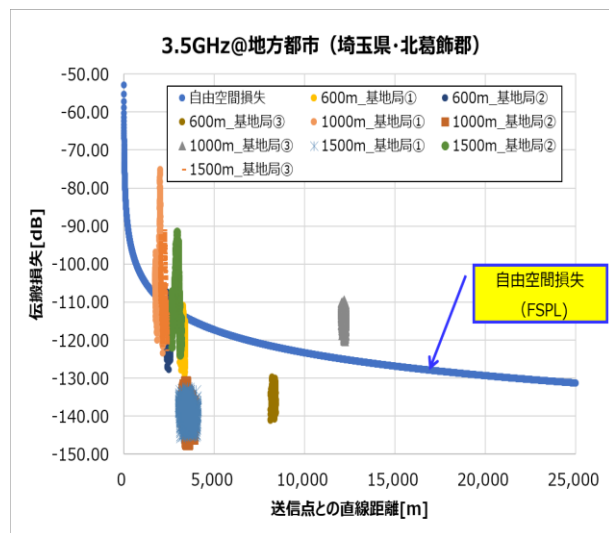
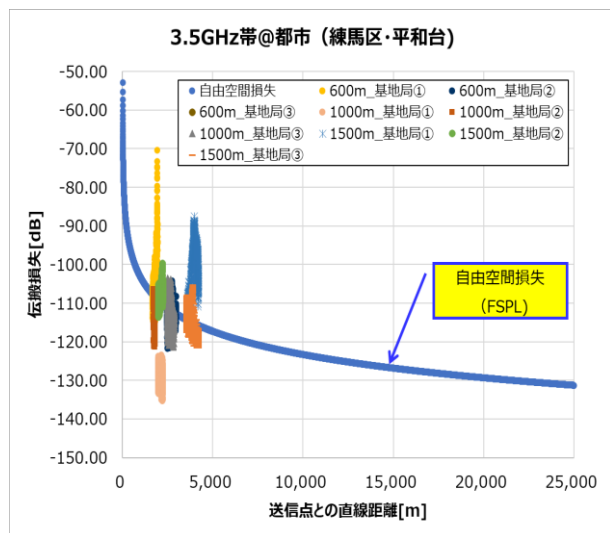


ヘリによる上空測定結果(3.5GHz帯及び4.5GHz帯)

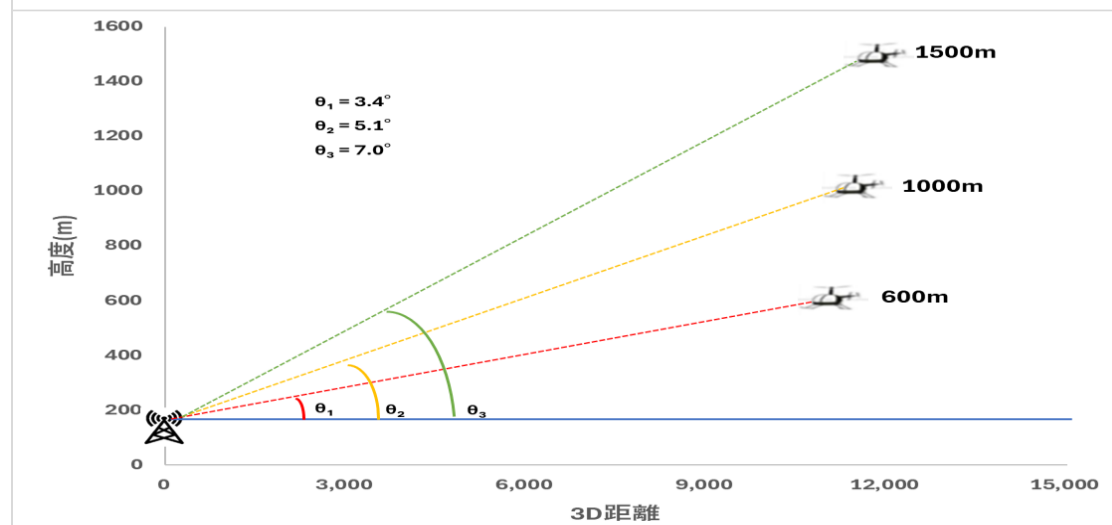
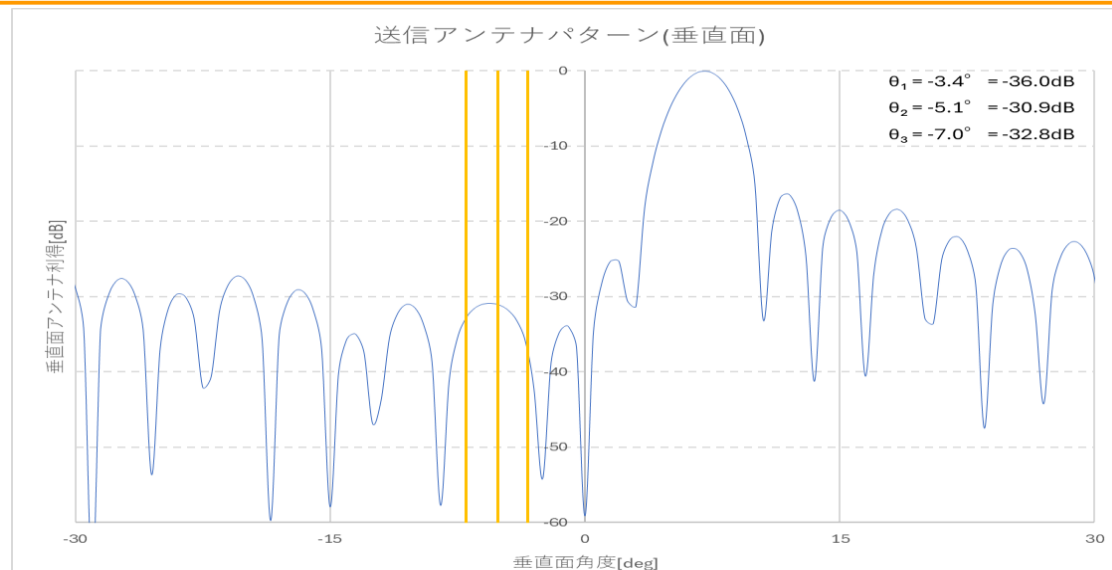
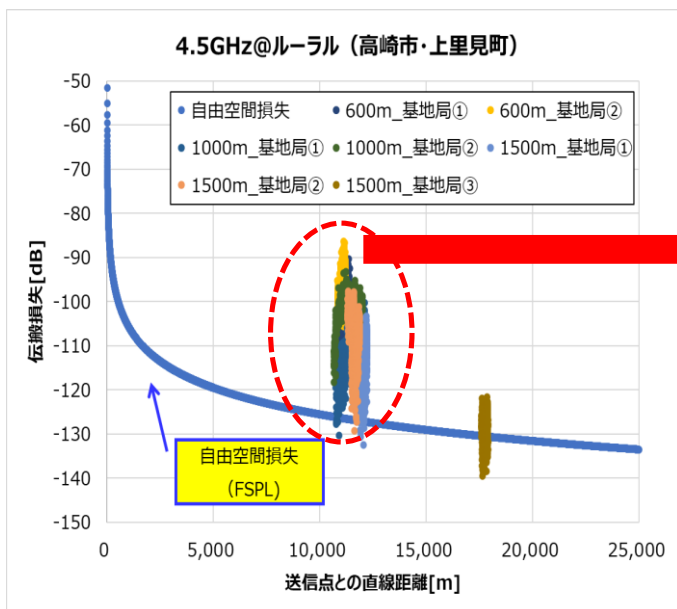
■ 3.5GHz帯及び4.5GHz帯の測定結果を以下に示す。

■ 測定結果は、概ね自由空間伝搬損失(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。



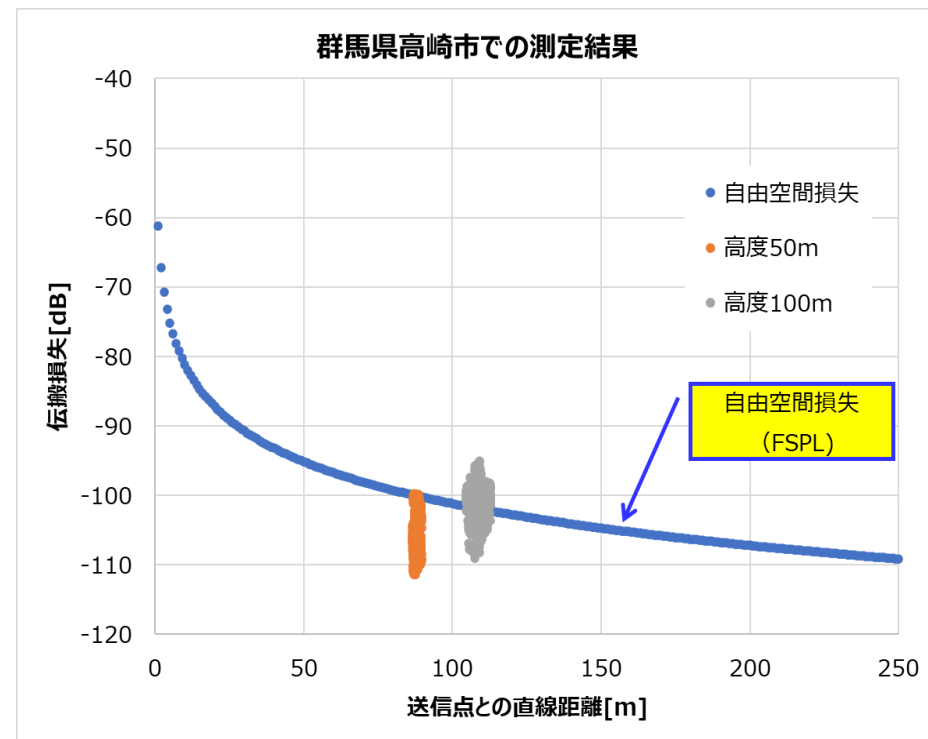
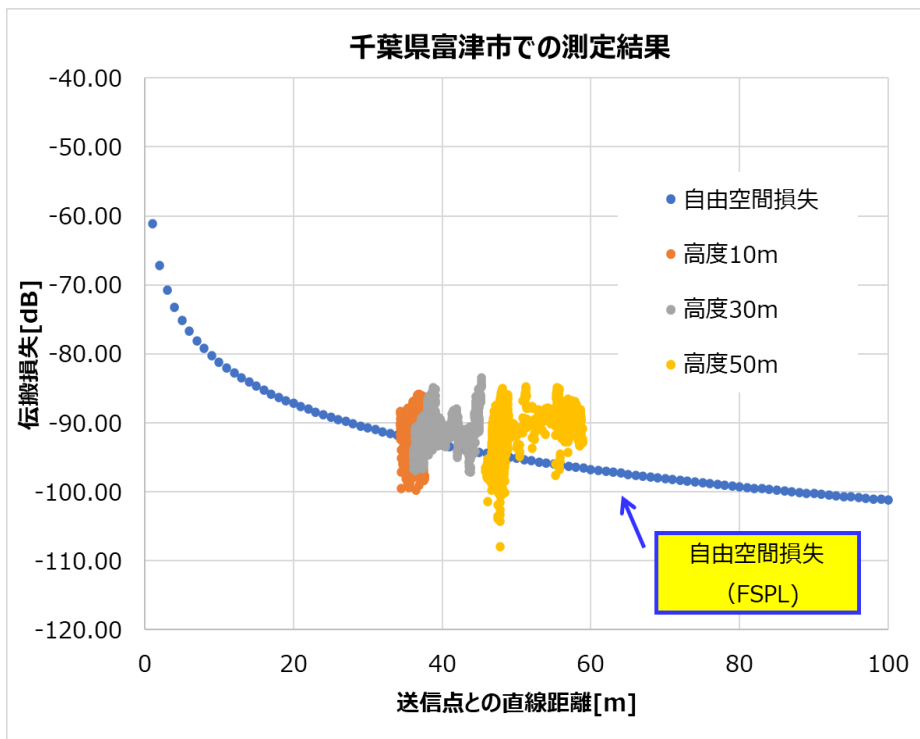
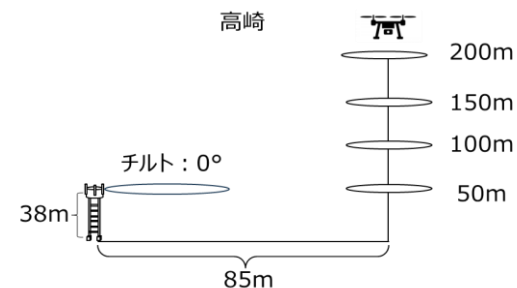
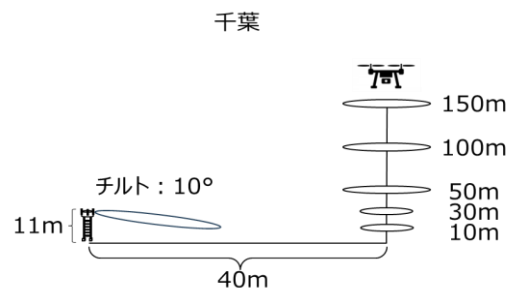
- ヘリによる上空測定において、いくつかの測定結果(特に、送信点との直線距離が長い場合)は、FSPLよりも損失が少なくなっているように見えるのは、以下の理由と考えられる。
 - これらの測定点から基地局への方は、下図に示すように、いずれも基地局送信アンテナ利得のサイドローブに当たっている。
 - ヘリで測定する場合、機体の揺れを完全に排除することは困難であるため、伝搬距離が長い場合、わずかな角度のずれが、アンテナ利得差を大きくするため、測定誤差が増えると考えられる。



ドローンによる上空測定結果(28GHz帯)

33

- 28GHz帯については、ヘリによる測定では電界強度が低すぎて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。
 - 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。
 - 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失(FSPL)と一致している。



- 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(3.5GHz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概ね一致していることが分かった。
- 過去の情報通信審議会報告書※においては、800MHz帯～3.5GHz帯において、上空測定と伝搬モデルの考察されており、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。**

※ 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

参考資料3. TDD方式の遠方捕捉問題

■ 遠方捕捉問題について

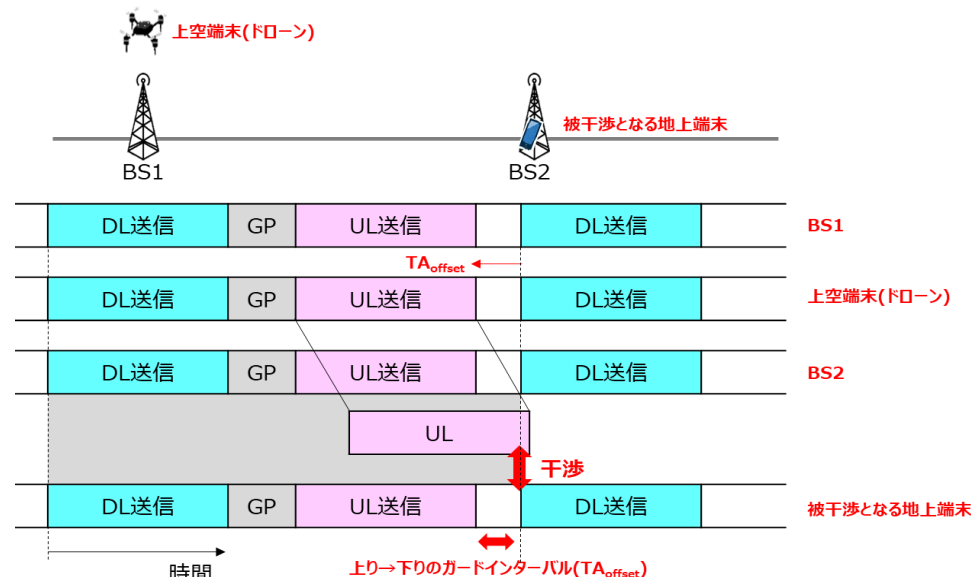
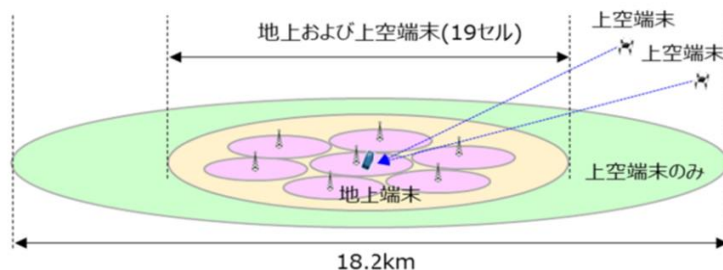
- TDD方式では、システム全体で同期をとっていたとしても、遠方の移動局ないし基地局からの信号が、伝搬遅延によりシステム同期を超えるタイミングで被干渉が基地局あるいは移動局に到来し、かつ、その到来した信号レベルが高い場合、干渉問題が発生することがある(遠方捕捉問題)。
- このような遅延波による干渉発生パターンには、下表に示す4パターンが想定されるが、①は基地局—基地局間で発生するものであり、上空移動局は関与しない。また、②と③は、与干渉と被干渉の間の距離がそれぞれ1,113km、385km以上の場合に発生するものであり※、これによる影響は非常に限定的なものと考えられることから同様に今回の検討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※、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※

- 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の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ことで適切な評価を行っている。

※ 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

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



今回の検討手法

■ 基本的な考え方

- 過去の検討※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—移動局間干渉について検討を行う。
- 検討手法としては、携帯電話網等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に遠にも配置し、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。

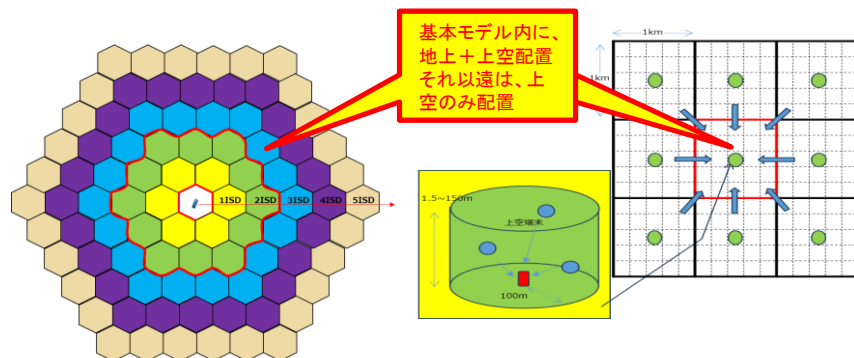
■ 検討モデル

- 前述した携帯電話網等への影響検討と同様に、2.5GHz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。
- 2.5GHz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、パラメータは、前述した携帯電話網等への影響検討と同じである。

※ 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

モンテカルロシミュレーションでの設定 (無線特性は、携帯電話網等への影響検討参照)

周波数帯		BWA帯(2.5GHz帯) Sub6帯(3.5GHz帯、4.5GHz帯)	mmW帯(28GHz帯)
基地局	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(都市)、500m(地方都市)、 1,732m(ルーラル)	ITU-Rモデル(1km ² 内の基地局数で規定)を拡張 都市30基地局/km ² 、地方都市10基地局/km ² 、 ルーラル1基地局/km ²
	帯域幅	20MHz(BWA帯、TD-LTE帯) 100MHz(NR Sub6帯)	400MHz(NR)
移動局	セル半径	100m(都市)、250m(地方都市)、866m(ルーラル)	100m一定
	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(ルーラル) 上空: 自由空間伝搬	



遠方捕捉問題の検討モデル

(左: 2.5GHz帯、Sub6帯の場合、右: mmW帯の場合)

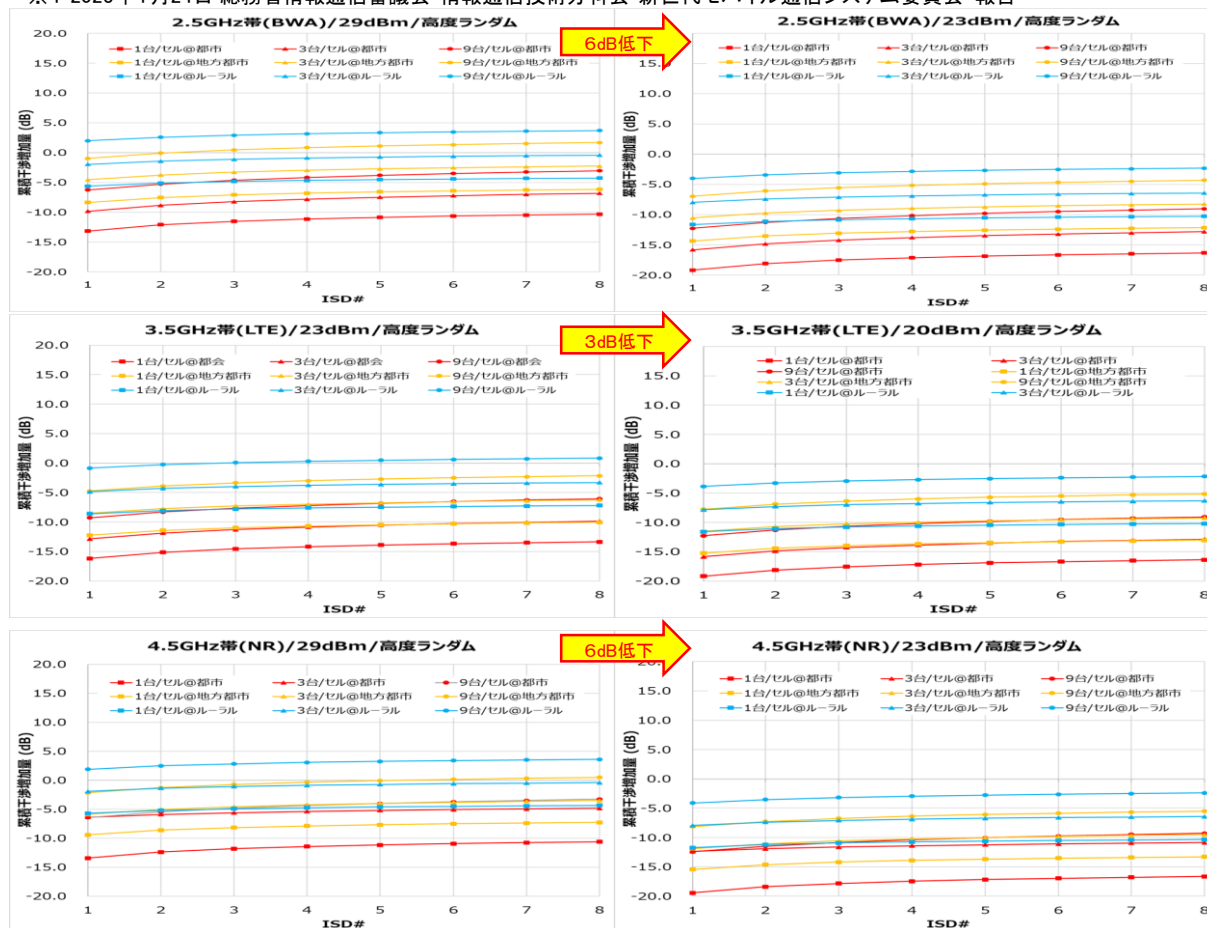
遠方捕捉問題の解決手法に関する検討 まとめ

38

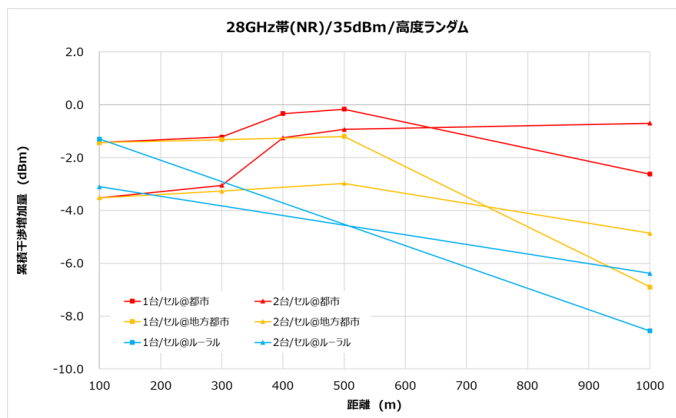
■ 検討結果を下表に示す。

周波数帯	検討手法	遠方捕捉問題の影響評価	遠方捕捉問題の影響回避案
2.5GHz帯	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	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分かった。	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	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	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分かった。	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	ITU-Rの共用検討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	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。	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



2.5GHz帯、Sub6帯における遠方捕捉問題による地上携帯電話網等への影響検討結果※2



28GHz帯における遠方捕捉問題による地上携帯電話網等への影響検討結果

横軸：被干渉移動局からの距離。縦軸：累積の干渉増加量
(例：距離300mの時の干渉増加量は、100m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)

Sub6帯、BWA帯のシミュレーションエリア半径(m)

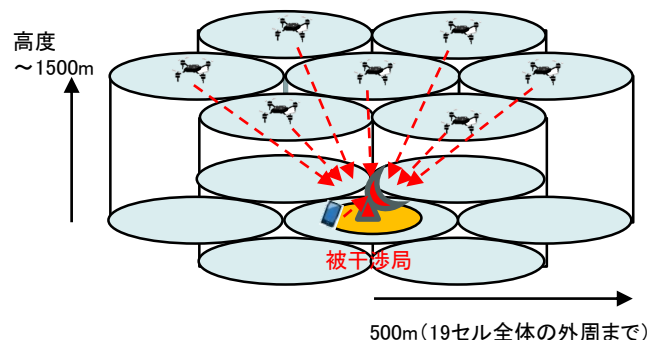
ISD#	1	2	3	4	5	6	7	8
都市(m)	300	500	700	900	1,100	1,300	1,500	1,700
地方都市(m)	750	1,250	1,750	2,250	2,750	3,250	3,750	4,250
ルール(m)	2,598	4,330	6,062	7,794	9,526	11,258	12,990	14,722

※2 横軸：被干渉移動局からの距離。縦軸：ISD=1からの累積の干渉増加量(例：ISD=2の時の干渉増加量は、ISD=1、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)

参考資料4. 他の無線システムとの共用検討結果(詳細)

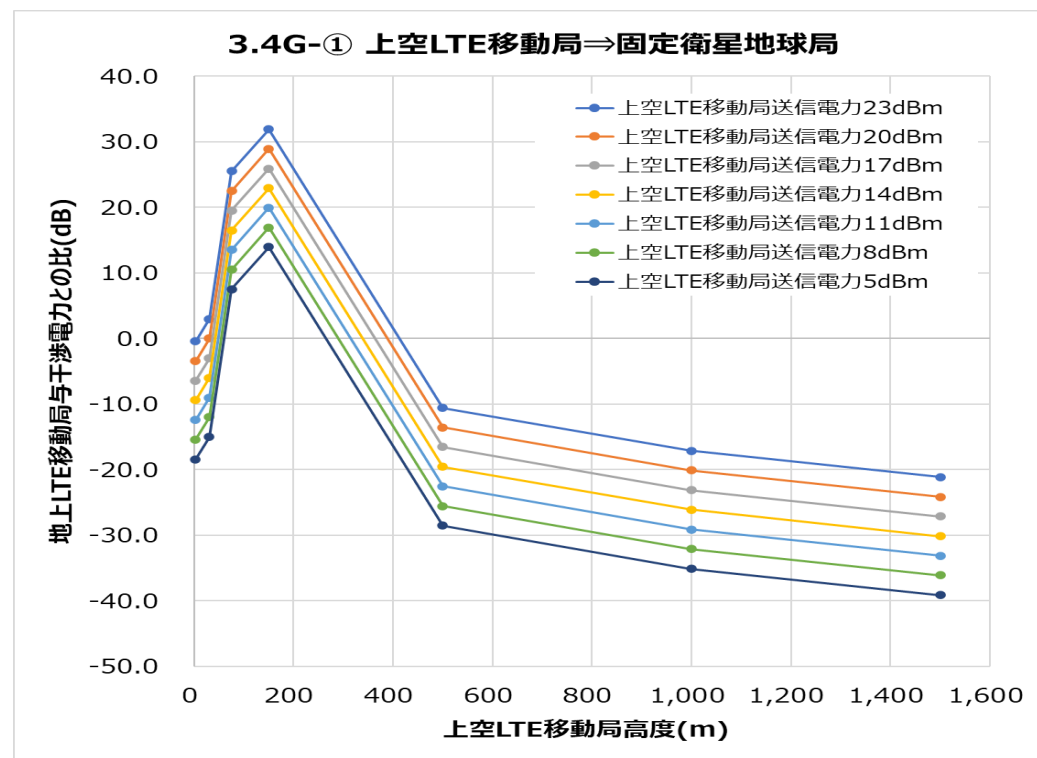
3.4G-① 固定衛星地球局との共用検討結果

- 過去の共用検討モデルと手法※1を引用し、高度3～1500mにおける上空移動局からの干渉量を地上移動局からの干渉量と比較して評価した。地球局被干渉の場合、干渉影響の程度は、上空移動局が、被干渉局（地球局）の主ビーム方向に存在するときに大きくなる。図を見ると、高度400m程度までは、上空移動局からの干渉量が、地上NR移動局の干渉量を上回っていることが分かる。これは、このあたりの高度が、ちょうど地球局アンテナの主ビーム方向に当たっているためと考えられる。また、上空移動局の送信電力を低下させることで、干渉量を低減できることが分かる。
- 今回の評価では、与干渉として、最大送信電力23dBmのLTE通常移動局としてシミュレーションを行っているが、仮に、携帯事業者がNR(HPUE)で運用する場合は、送信電力密度は、3dB増加するので、上図の結果よりも影響が増加することになるが、上空移動局の送信電力を低減することで影響を緩和できることは変わらない。
- 現在、携帯電話基地局と固定衛星地球局は、双方の免許人で事前調整の上、携帯電話基地局と固定衛星地球局の間の適切な離隔距離を確保した上で、携帯電話基地局の開設を行うというスキームで運用されている。
- **従って、現在、携帯電話基地局と固定衛星地球局で運用している事前調整スキームにおいて、上空移動局(LTE、NR(HPUE))も含めた適切な離隔距離の確保を行えば、固定衛星地球局との共用可能性があると考えられる。**



項目		地上LTE移動局	上空LTE移動局
シミュレーションエリア※2		半径100m	半径500m (19セルモデル(都市)を採用)
移動局位置	高さ	1.5m	3/30/75/150/ 500/1000/1500m※3
	水平位置	シミュレーションエリア内でランダム	
移動局数		26台※4	19台=1台/セル※5

3.4G-① 固定衛星地球局との共用検討モデル(モンテカルロシミュレーション)



3.4G-① 上空LTE移動局⇒固定衛星地球局

※1 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

※2 過去の情通審※1の共用検討モデルと同じ

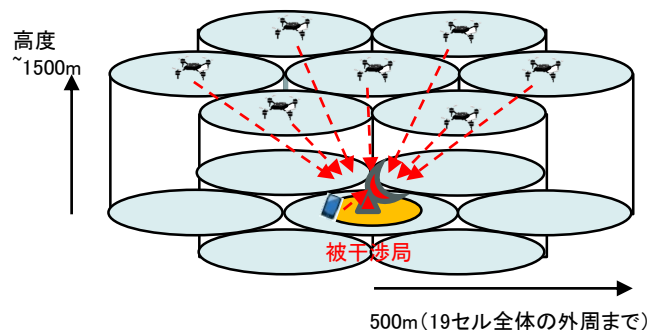
※3 上空移動局は高度一定で評価

※4 過去の情通審においてモンテカルロシミュレーションで使用しているトラフィック密度より算出。

※5 上空移動局は1台が全てのSubキャリアで送信する設定とした。

4.5G-② 公共業務と5Gとの共用検討結果

- 公共業務と5Gとの共用検討については、過去の共用検討モデルと手法※¹を引用し、高度3～1500mにおける上空NR移動局からの干渉量を地上NR移動局からとの比較で評価した。
- 上空NR移動局の高度が低い場合（帯域内＝150m以下、帯域外＝500m以下）に、地上NR移動局からの干渉量を上回る場合があることが分かる。従って、上空NR移動局からの干渉量が地上NR移動局を上回るケースについては、何らかの対策が必要となる可能性がある。
- より影響の大きい帯域外を前提に考察すると、上空NR移動局の送信電力を最大で送信するには、高度500m以上で運用することが望ましい。一方、上空NR移動局の送信電力を11dBm程度まで低下させれば、高度75m以上であれば、地上NR移動局の影響を下回ることが分かる。
- 従って、公共業務と共用する場合は、事前に免許人同士で、公共業務側の許容干渉電力値を考慮して、上空NR移動局の送信電力を低下させる、公共業務用無線局の近傍では、低高度での運用を避けるなどの調整を行う必要がある。
- 具体的には、後述する4.8-4.9GHz帯におけるL5Gと同様の条件を設けることで、公共業務用無線局との空間的な離隔を図ることができるため、公共業務用固定局と上空移動局との共用は可能であると考えられる。



項目		地上NR移動局	上空NR移動局
シミュレーションエリア※ ²		半径100m	半径500m (19セルモデル(都市)を採用)
移動局位置	高さ	1.5m	3/30/75/150/ 500/1000/1500m※ ³
	水平位置	シミュレーションエリア内でランダム	
移動局数		2台※ ⁴	19台＝1台/セル※ ⁵

4.5G-② 公共業務との共用検討モデル(モンテカルロシミュレーション)

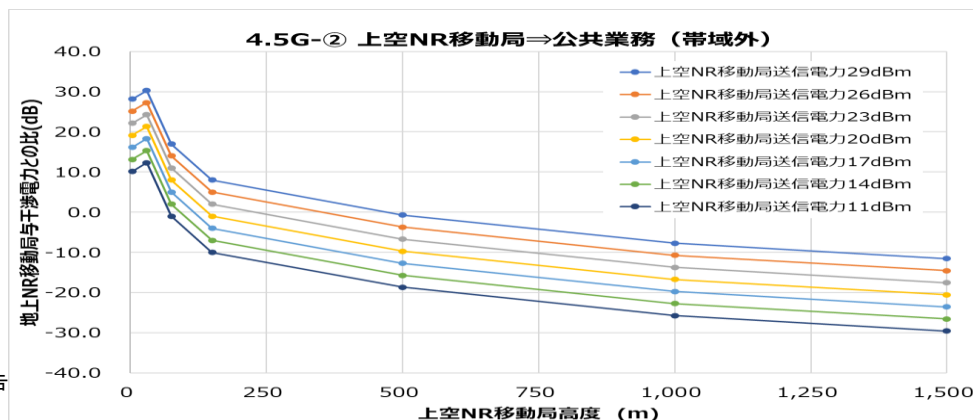
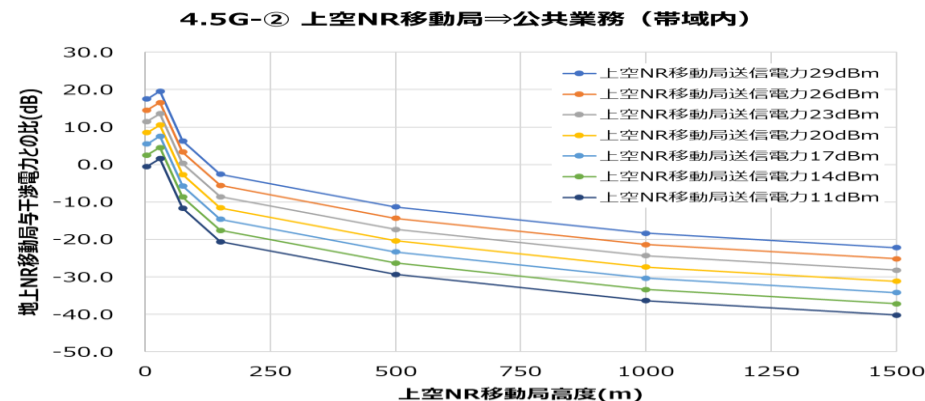
※¹ 2023年6月21日 情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会 報告

※² 過去の情通審※¹の共用検討モデルと同じ

※³ 上空移動局は高度一定で評価

※⁴ 過去の情通審においてモンテカルロシミュレーションで使用している移動局密度より算出。

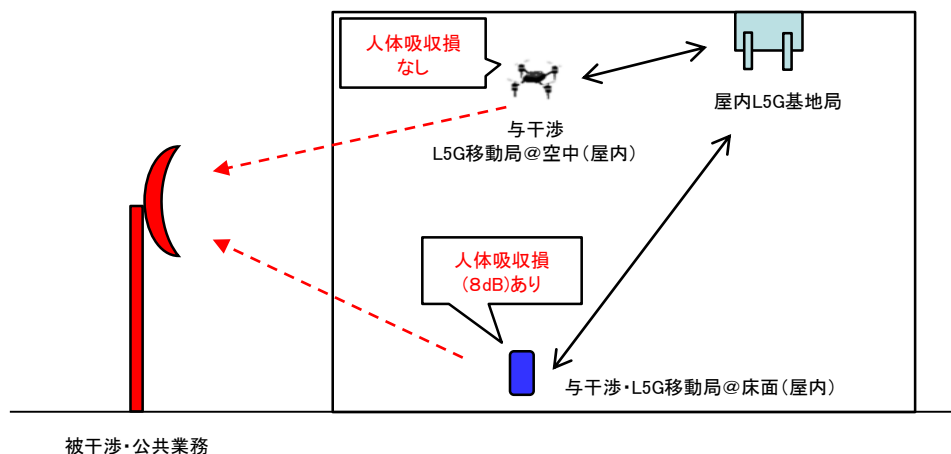
※⁵ 上空移動局は1台が全てのSubキャリアで送信する設定とした。



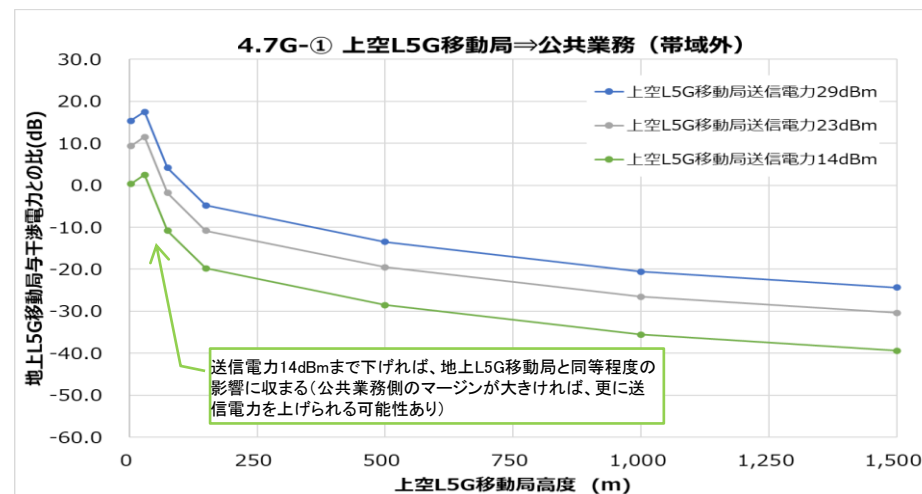
4.5G-② 上空NR移動局⇒公共業務(上:帯域内、下:帯域外)

4.7G-① 公共業務とL5Gとの共用検討結果

- 公共業務とL5Gとの共用検討については、4600-4800MHz帯で運用される屋内L5Gとの同一周波数における共用検討と、4800-4900MHz帯で運用される屋外L5Gとの隣接周波数における共用検討がある。
- 4.7G-① 上空L5G移動局(屋内)⇒公共業務(同一周波数)
 - 屋内L5G基地局は、過去の共用検討結果※¹に基づき、設置可能な場所を総務省告示において限定することで、公共業務と共用可能となっている。また、L5G移動局については、「屋外のローカル5G陸上移動局が屋内のローカル5G基地局に誤って接続して電波を発射することがないよう、建物侵入損の値が小さいと想定される材質の建物内や窓際にはローカル5G基地局を設置しないなどの対策が求められる。」と報告されている。
 - 屋内の床面で移動局が運用される場合と、空中で運用される場合、被干渉となる公共業務用無線局への与干渉量の差は人体吸収損(8dB)だけとなる(下左図参照)。従って、過去の検討で示された共用条件に加えて、例えば、人体吸収損の差を踏まえた、より保守的な屋内での運用場所の設定や建物侵入損失を考慮すること等で、共用可能と考えられる。
- 4.7G-① 上空L5G移動局(屋外)⇒公共業務(隣接周波数)
 - 4800-4900MHz帯で運用される屋外L5Gの場合は、前頁で示した4.5G-②の検討結果を流用することができる。
 - 前頁で示した4.5G-②では、与干渉側が、全国5Gキャリアとなることから、19セルモデルを用い、与干渉局19台(1台/セル)の合計干渉で評価している。しかし、4800-4900MHzで運用されるL5Gの場合(4.7G-①)は、この与干渉移動局数の設定は、過剰と考えられる。仮に、上空L5G移動局を1局(半径500mエリアで1台=1.27台/km²)で評価すると、その与干渉量(帯域外)は、概ね4.5G-②(帯域外)の1/19(=-12.8dB)となる(下右図参照)。
 - 過去のHPUEとの共用検討結果※²を踏まえると、公共業務側には、許容干渉電力値との間に、ある程度のマージンが存在するため、地上HPUEと共用可能となっている。下右図からは、上空L5G移動局の送信電力を14dBm程度まで低下させれば、地上HPUE移動局と同程度の干渉影響に抑えられるため、共用可能と考えられる。
 - なお、4800-4900MHz帯L5Gでは、公共業務用無線局への混信その他の影響を与える恐れがある地域については、市区町村単位で基地局の設置制限等が設けられている。当該設置制限等のある地域においては基地局が置局できない、又は発射制限を受けるため、上空移動局の利用についても同様の条件を設けることで、公共業務用無線局との空間的な離隔を図ることができると考えられることから、当該条件下では、公共業務用固定局と上空移動局との共用は可能であると考えられる。



4.7G-① 同一周波数での共用イメージ



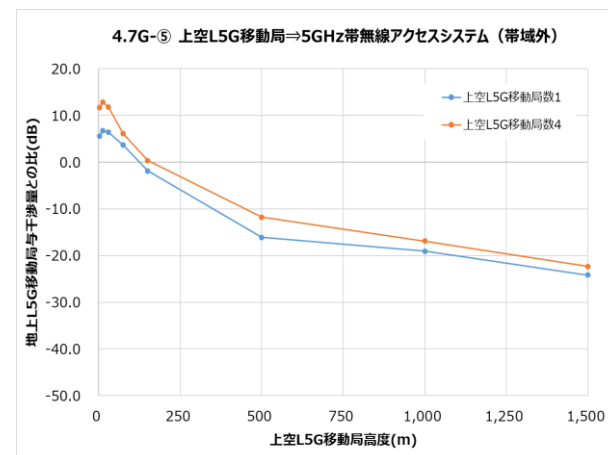
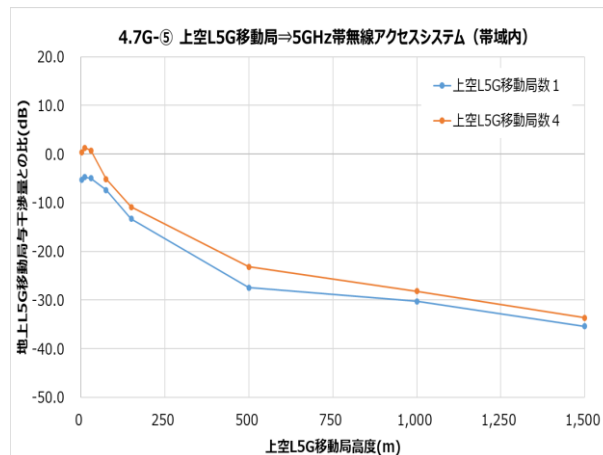
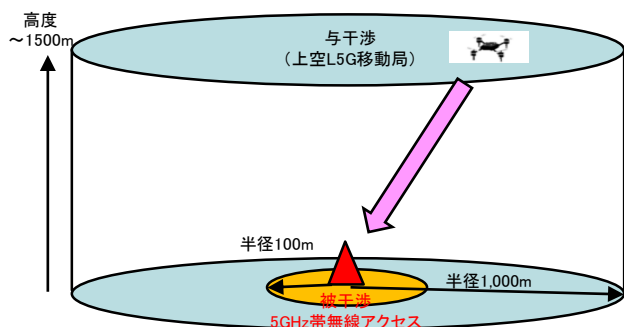
4.7G-① 上空L5G移動局⇒公共業務(帯域外)

※¹ 2020年7月14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 2023年6月21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

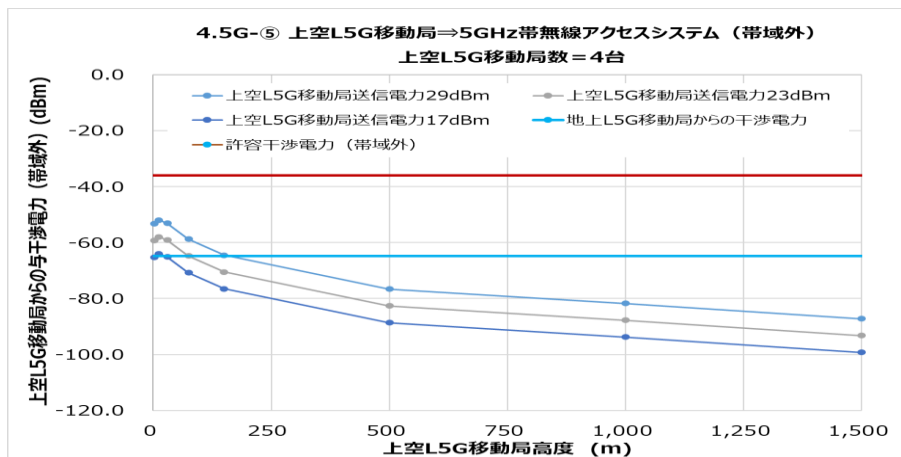
4.7G-⑤ 5GHz帯無線アクセスシステムとの共用検討結果

- 過去の共用検討モデルと手法※1を引用し、高度3～1500mにおける上空L5G移動局からの干渉量を地上L5G移動局からの干渉量で正規化して評価した。
- 帯域内干渉の場合は、ワーストケース(高度12m)でも、地上L5G移動局からの与干渉量より若干増加する程度(1.3dB)である。一方、帯域外干渉では、概ね高度150m以下で、地上L5G移動局からの与干渉量を上回っていることが分かる。
- そのため、帯域外干渉については、上空L5G移動局からの与干渉量と5GHz帯無線アクセスシステムの許容干渉電力値との比較を行った。上記と同じ上空L5G移動局＝4台(公共業務と屋外L5Gとの検討(4.7G-①)で用いた移動局密度(=1.27台/km²)と同じ)とした場合、送信電力29dBmでも5GHz帯無線アクセスシステムの許容干渉電力値を下回っていることが分かる(下右図下段)。
- 従って、5GHz帯無線アクセスシステムとは共用可能であると考えられる。



項目		地上NR移動局	上空L5G移動局
シミュレーションエリア※2		半径100m	半径1000m
移動局位置	高さ	1.5m	3/30/75/150/500/1000/1500m※3
	水平位置	シミュレーションエリア内でランダム	
移動局数		2台※4	変数とする※5

4.7G-⑤ 5GHz帯無線アクセスシステムとの共用検討モデル
(モンテカルロシミュレーション)



※1 2018年7月31日、2023年6月21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 過去の情通審※1の共用検討モデルと同じ

※3 上空移動局は高度一定で評価

※4 過去の情通審においてモンテカルロシミュレーションで使用している移動局密度より算出。

※5 上空移動局は1台が全てのSubキャリアで送信する設定とした。

4.7G-⑤ 上空L5G移動局⇒5GHz帯無線アクセスシステム
(上段左:帯域内、上段右:帯域外、下段:帯域外絶対値)

■ 過去の共用検討※1の振り返り

- 過去の共用検討※1では、基地局からの干渉影響について、勧告ITU-R P.452(時間率20%)を伝搬モデルに用いて(標高に平均建物高を加算したプロファイルを考慮)検討を行った。その結果から、以下のように、事前の干渉調整を行うことを前提に、共用可能として取りまとめている。
- 無線航行衛星システム地球局との共用検討結果
 - ・ 5G基地局 最大パターン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、5Gシステムの基地局の設置に際して下表に示す範囲を目安に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。また、陸上移動局(HPUE 含む・小電力レピータ・フェムトセルについては、基地局の設置において陸上移動局等の影響が無いよう考慮することで共用可能と考えられる。
 - ・ 本範囲は、5G基地局の不要発射の強度として、共用検討諸元(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)に基づく不要発射の強度(隣接チャネル漏えい電力)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がフィルタ挿入等により改善した場合、一部の地球局については、干渉調整が必要な範囲を低減可能である。
 - ・ 今後設置が見込まれる地球局に対しても、同様に免許人同士の干渉調整が必要である。

■ 上空NR移動局との共用に関する考察

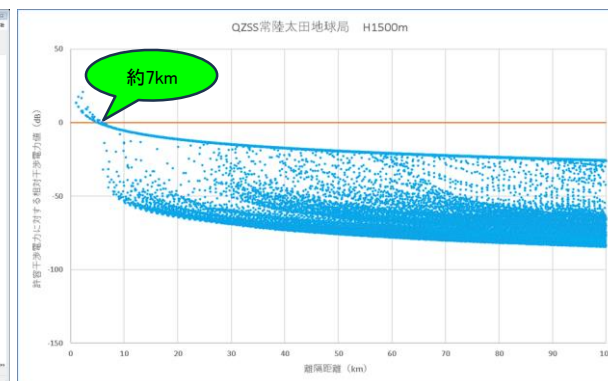
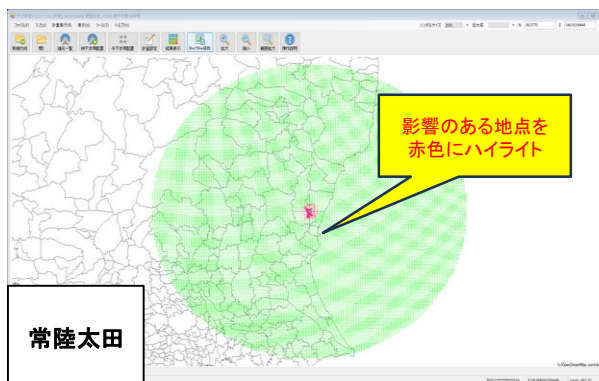
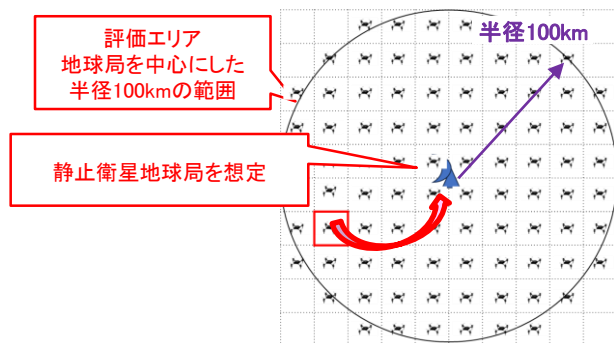
- 過去の共用検討結果※1を引用し、上空NR移動局から無線航行衛星システム・地球局への干渉影響を考察すると以下ようになる。
 - ・ 過去の検討では、特定の地球局周辺地域においては、最大離隔距離を確保した上、事前の干渉調整を実施することで、移動局も含めて、共用可能としている。
 - ・ しかし、無線航行衛星システム・地球局は、上空方向に指向性を向けているため、上空移動局からの干渉影響は地上移動局からの干渉影響よりも大きくなると考えられる。
 - ・ **従って、上空移動局を運用する際には、上記の干渉調整の中で、上空移動局の利用も含めた調整を行なうことが必要である。**

過去の共用検討※1における基地局との所要離隔距離

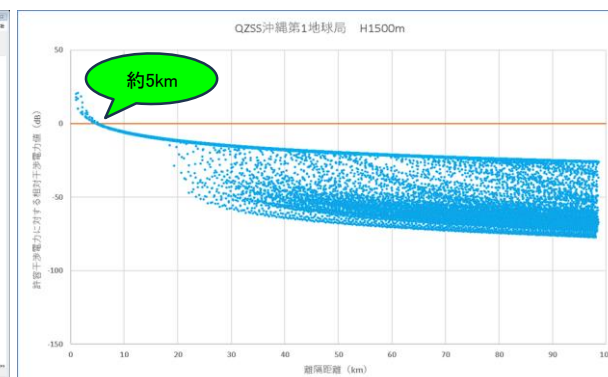
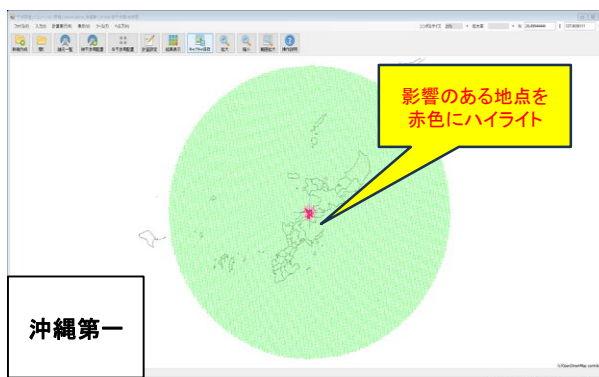
地球局の設置場所	スモールセル基地局	マクロセル基地局
常陸太田	30km程度	70km程度
種子島	35km程度(同一島内)	
沖縄本島	70km程度 (同一島内、伊江島、粟国島)	115km程度 (同一島内、伊江島、粟国島)
久米島	100km程度(同一島内、沖縄本島)	
宮古島	25km程度(同一島内)	
石垣島	50km程度(同一島内、西表島、波照間島)	
奄美大島	35km程度 (同一島内)	106km程度 (同一島内、徳之島、喜界島、吐噶喇列島)

■ 上空NR移動局から地球局への干渉影響度合いの想定

- ここでは、いくつかの地球局（静止衛星地球局）を例にとり、所要離隔距離を検討する。
- 地球局の周辺100km以内に、1kmメッシュを設定し、そのメッシュの中心点の上空に上空NR移動局が1局存在するとした場合の地球局への干渉影響をシミュレーションした。電波伝搬はP452。
- 下図に示す干渉影響のシミュレーション結果（最悪値である上空NR移動局高度1500mの結果を提示）からは、**静止衛星地球局については、基地局との所要離隔距離の範囲内で共存可能性があると考えられる。**
- **しかし、非静止衛星地球局の場合は、地球局の仰角が広範囲に広がるため、上空NR移動局からの干渉影響を受けやすい状況になると考えられる。そのため、前述したように、事前調整で、上空NR移動局の運用条件を含めて、詳細に検討することが必要である。**



	上空NR移動局※
送信帯域幅(MHz)	100.0
アンテナ利得(dBi)	0.0
アンテナパターン	オムニ
隣接CH漏洩電力(dBm/MHz)	-22.0
人体吸収損(dB)	0.0
与干渉電力密度(dBm/MHz)	-22.0
上空NR移動局台数	各メッシュに1台
上空NR移動局高度	高度一定: 3/30/75/150/500/1,000/1,500m



4.9G-① 無線航行衛星システム（地球局）との検討モデル

4.9G-① 無線航行衛星システム（静止衛星地球局）との所要離隔距離
（上段：常陸大宮地球局、下段：沖縄第一地球局）、上空NR移動局高度＝1,500mの場合

4.9G-① 無線航行衛星システム・宇宙局との共用検討結果

46

- 過去の共用検討結果※1を引用し、高度3～1500mにおける上空LTE移動局から無線航行衛星システム・宇宙局への干渉影響を評価した。
- 過去の共用検討では、地上NR移動局(HPUE)から無線航行衛星システム・宇宙局への合計干渉量で干渉影響を評価しており、屋外の41.6万局のHPUE移動局からの合計干渉量でも所要改善量はマイナスとなっている(-9.5dB)。
- 地上NR移動局と上空NR移動局の干渉量の違いは、伝搬損の差と、人体吸収損(8dB)だけである。このうち、伝搬損の差は、下表に示すように、わずか0.0004dBしかないので※2、上空NR移動局からの干渉増加量は、人体吸収損の差の8dB/局となる。
- 過去の検討結果を引用して、全ての移動局が上空移動局(@1,500m)だった場合の所要改善量を計算した結果を下表に示す。この場合でも、**所要改善量はマイナス(-1.5dB)となるため、無線航行衛星システム・宇宙局とは共用可能と考えられる。**

4.9G-① 無線航行衛星システム(宇宙局)との検討結果

	地上NR移動局 (HPUE@1.5m)※1	上空NR移動局 (HPUE@1500m)
不要発射の強度(dBm/MHz)	-22.0	-22.0
不要発射の強度の実力値改善量(dB)	0.0	0.0
その他損失(dB) (人体吸収損)	-8.0	0.0
送信電力制限による低減(dB)	-19.0	-19.0
建物侵入損(dB)	0.0	0.0
シミュレーション局数	416,000.0	416,000.0
合計干渉量(dBm/MHz)	7.2	15.2
所要改善量(dB)	-9.5	-1.5

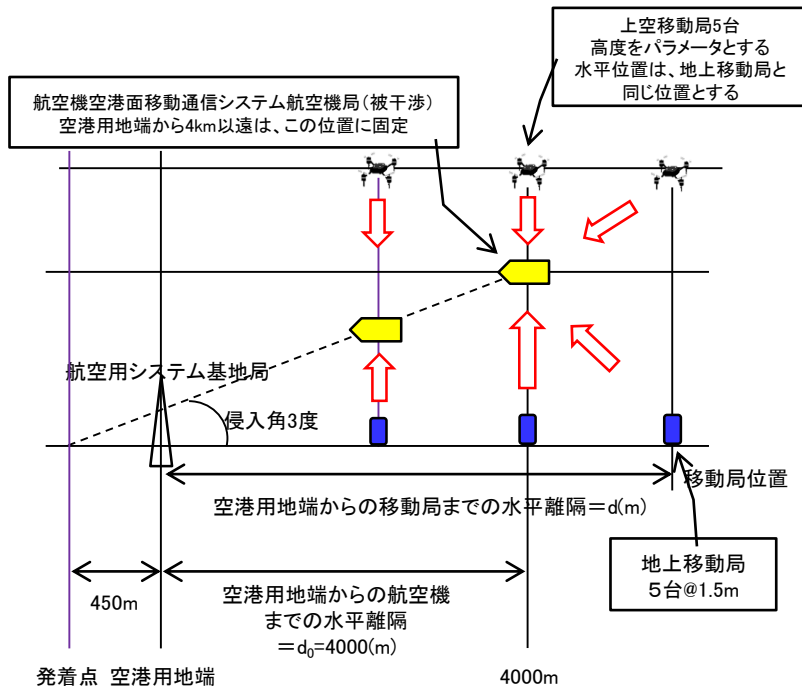
※1 2024年3月12日 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会 報告

※2 高度35,768kmの衛星との伝搬損の差=0.0004dB(=197.40373dB@地上-197.40337@1.5km上空)

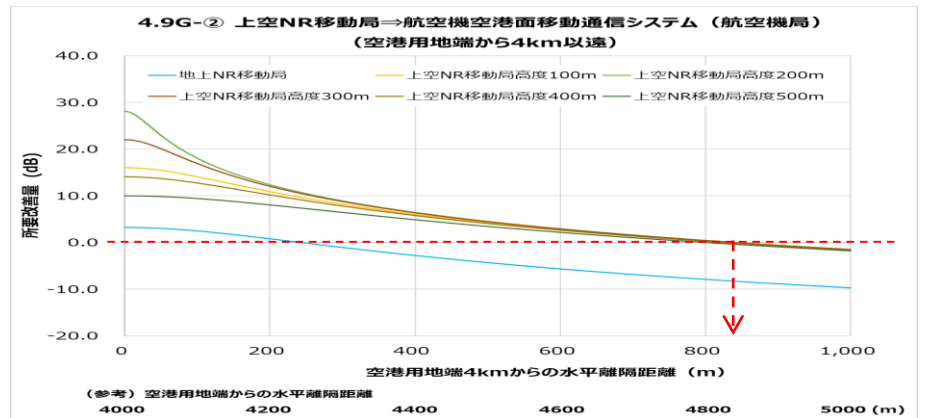
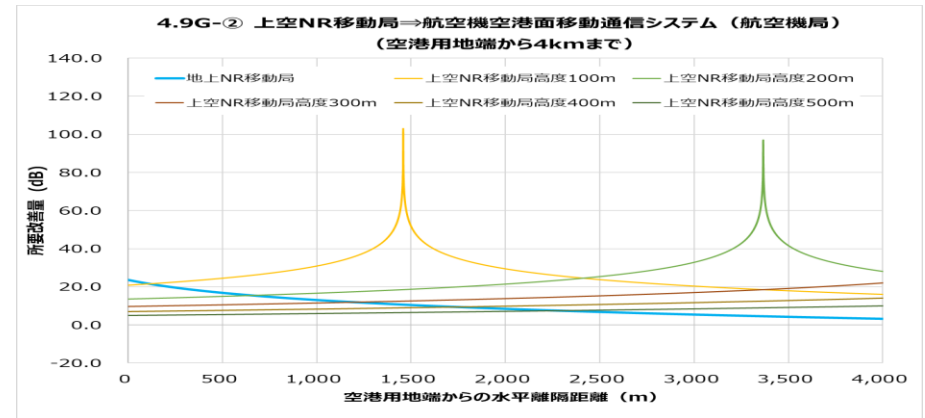
4.9G-② 航空機空港面移動通信システムとの共用検討結果

47

- 過去の共用検討モデル、手法※1を参考に、高度3～1500mにおける上空NR移動局から航空機空港面移動通信システム・航空機局への干渉影響を評価した。過去の検討※1では、モンテカルロシミュレーションにより、地上で運用する5台のHPUEについて、空港用地端から4.1kmの離隔距離を確保すれば共用可能としている。
- 今回の検討では、過去と同じモデルで正対条件での検討を行った（下図参照。5台の移動局が同一場所に存在するとして、5台分の合計干渉量を送信する干渉1局と被干渉との検討を実施）。
- 検討モデルでは、空港用地端から4km以遠では、航空機局の高度は200m程度に固定されるため※2、干渉となる上空NR移動局の高度が上がっても、干渉影響は増えていかない。従って、上空NR移動局高度は、500m程度までとし、これ以上の高度の計算は省略した。
- 下図に示すように、上空NR移動局数5台の場合には、空港用地端から約4.84kmの離隔距離が必要という結果となった。
- 従って、航空機空港面移動通信システムが運用されているエリアの近傍で、上空移動局の運用を行う場合は、4.9km程度の離隔距離を確保すれば、共用可能と考えられる。



4.9G-② 1対1検討モデル

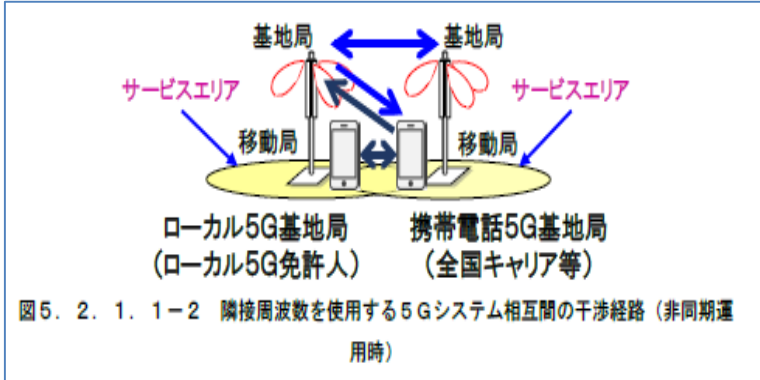
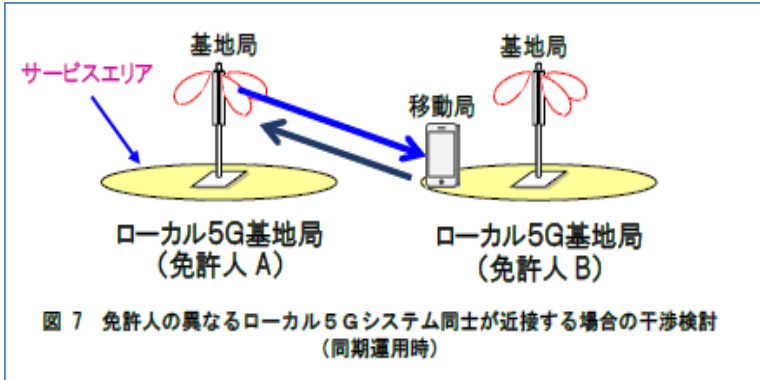
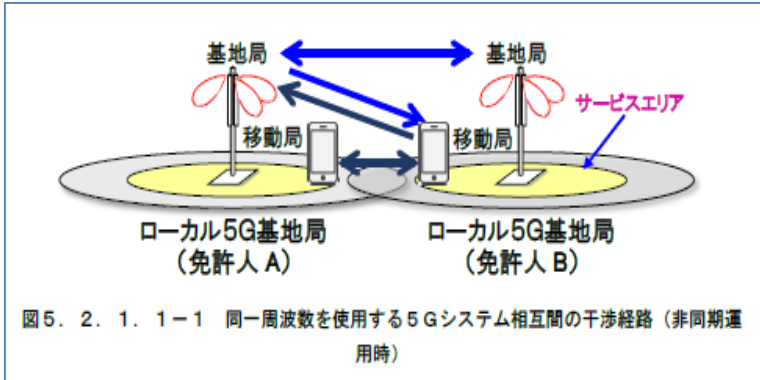


4.9G-② 上空NR移動局⇒航空機空港面移動通信システム(航空機局)
(上: 空港用地端から4kmまで 下: 航空用地端から4km以遠)

※1 2024年3月12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 航空機空港面移動通信システムのサービスエリアは、空港用地端から4kmまでであるため、過去の検討※1では、航空機局が、空港用地端から4km以遠になる場合は位置を4kmに固定するモデルを採用している。

- 移動通信システム相互間の共用検討については、以下に示す過去の情報通信審議会における共用検討の考え方を踏襲して行うこととする。
- 具体的な干渉シナリオと共用検討手法は、下表の通り。

	同期運用	非同期運用
隣接周波数	共用検討不要(GB=0MHzで共存可能)(※1)	- 移動局が上空利用する場合の与干渉影響を評価(4.7G-②/③) - 上空移動局⇒地上移動局について、過去の検討(※3)と同様に確率計算で評価。  図5. 2. 1. 1-2 隣接周波数を使用する5Gシステム相互間の干渉経路(非同期運用時)
同一周波数	- 移動局が上空利用する場合の与干渉影響を評価(4.7G-④-1) - 上空移動局⇒基地局について、過去の検討(※2)と同様に1対1で評価。  図7 免許人の異なるローカル5Gシステム同士が近接する場合の干渉検討(同期運用時)	- 移動局が上空利用する場合の与干渉影響を評価(4.7G-④-2) - 上空移動局⇒地上移動局について、過去の検討(※3)と同様に1対1で評価。  図5. 2. 1. 1-1 同一周波数を使用する5Gシステム相互間の干渉経路(非同期運用時)

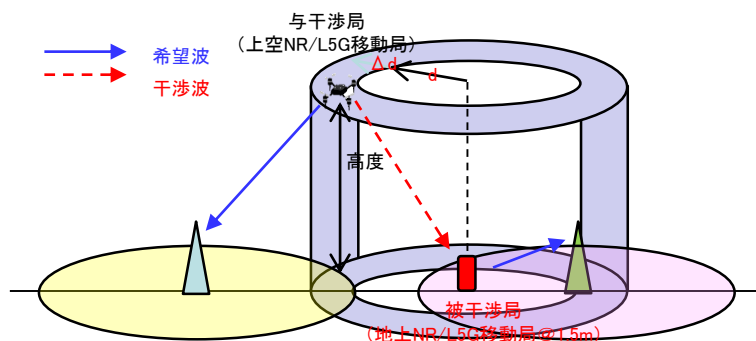
※1 2018年7月31日 総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会 報告

※2 2019年6月18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 2020年7月14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

4.7G-②/③ 移動通信システム相互間の共用検討結果

- 4.7G-②/③ 隣接・非同期の場合は、過去の共用検討※1と同様に、移動局⇒移動局について確率計算（モンテカルロシミュレーション）で評価した。ここで評価すべき干渉シナリオは、4.7G-②上空NR/L5G移動局⇒屋内L5G移動局と、4.7G-③上空L5G移動局⇒地上NR移動局の2つがある。
- 4.7G-② 上空NR/L5G移動局⇒屋内L5G移動局
 - ・ 上空NR/L5G移動局3台で評価すると※2、最大送信電力時に干渉発生確率を3%以下とするには、被干渉となる屋内L5G移動局との距離を**38m以上確保する必要がある**ことが分かる。
 - ・ 従って、数十m程度の離隔距離を確保した上で、周囲の免許人との間で適切な運用調整を行った上で運用すれば共用可能と考えられる。
 - 4.7G-③ 上空L5G移動局⇒地上NR移動局
 - ・ 上空L5G移動局3台で評価すると※2、最大送信電力時に干渉発生確率を3%以下とするには、被干渉となる地上NR移動局との距離を**97m以上確保する必要がある**ことが分かる。
 - ・ 従って、100m程度の離隔距離を確保した上で、周囲の免許人との間で適切な運用調整を行った上で運用すれば共用可能と考えられる。

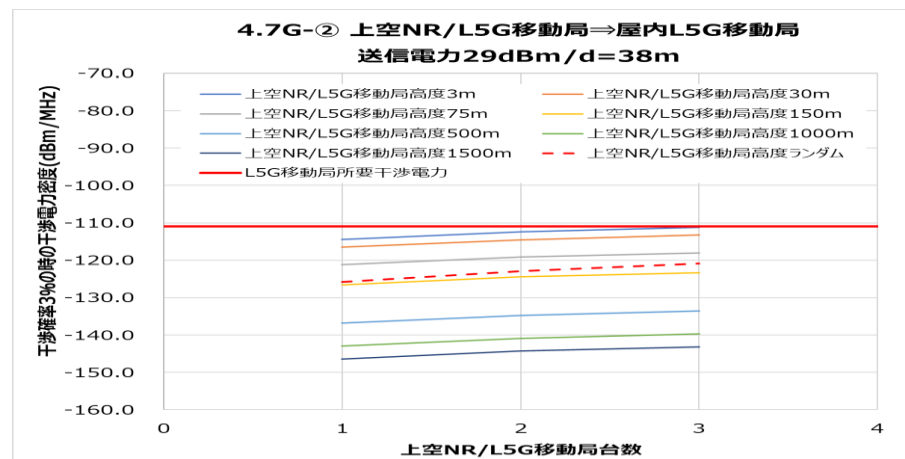


項目		上空NR/L5G移動局
シミュレーションエリア		変数とした
移動局位置	高さ	3/30/75/150/ 500/1000/1500m、 高度ランダム(1.5~1500m)
	水平位置	シミュレーションエリア内でランダム
移動局数		1/2/3台※2

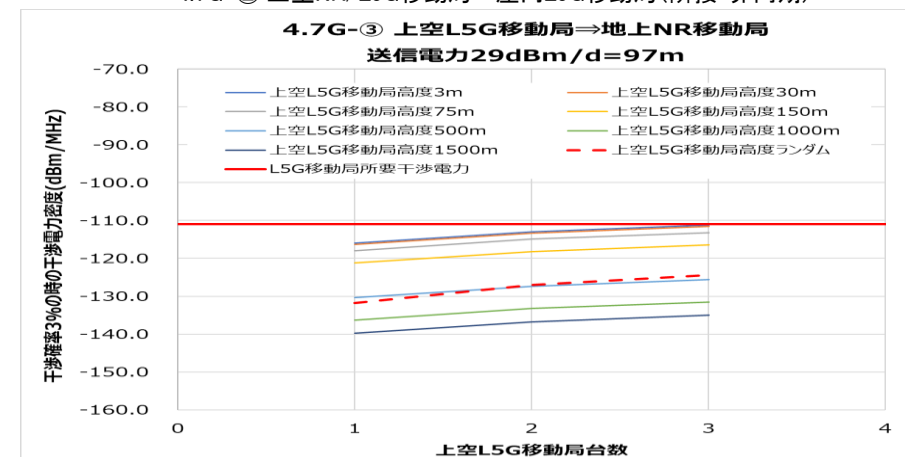
4.7G-②/③ Sub6帯 隣接・非同期の場合の検討モデル
(モンテカルロシミュレーション)

※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 公共業務との共用検討で用いた移動局密度(半径500mエリアで1台=1.27台/km²)を参考に、1~3台程度とした。



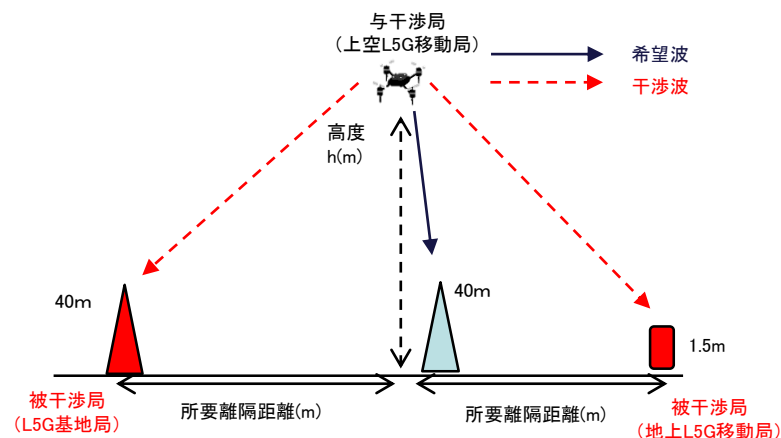
4.7G-② 上空NR/L5G移動局⇒屋内L5G移動局(隣接・非同期)



4.7G-③ 上空L5G移動局⇒地上NR移動局(隣接・非同期)

4.7G-④ 移動通信システム相互間の共用検討結果

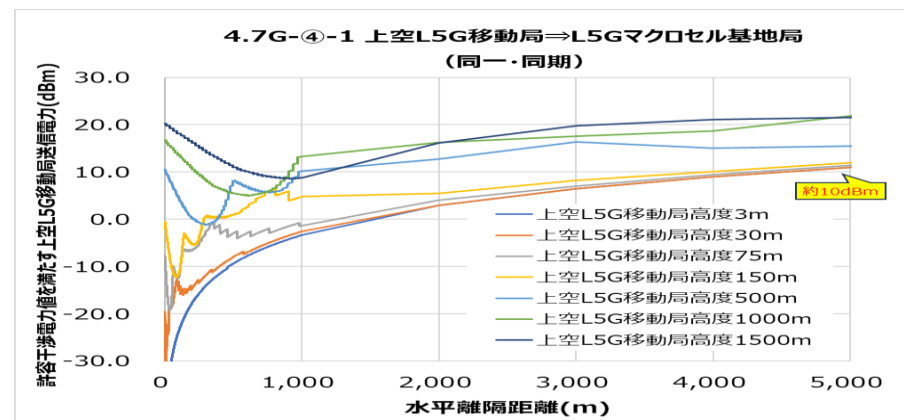
- 4.7G-④-1/2 同一・同期/非同期の場合は、過去の共用検討※1と同様に、下表に示す干渉シナリオにおいて、1対1モデルを用いて所要離隔距離を評価したところ、上空L5G移動局が最大送信電力で送信する場合の所要離隔距離は、同期条件で約40km、非同期条件で約27kmとなった(下表参照)。
- 現実的な離隔距離とするためには、上空L5G移動局の送信電力を下げる必要があると考えられるため、許容干渉電力を満たす上空L5G移動局送信電力と離隔距離との関係を1対1モデルで計算した。
 - 同期(基地局被干渉): 干渉影響の程度は、基地局側のアンテナパターンに依存する(移動局アンテナパターンはオムニ)。すなわち、上空NR移動局が、被干渉局(基地局)の主ビーム方向に存在すると、干渉影響が大きくなる。仮に、所要離隔距離5kmで運用する場合は、上空移動局の高度が150m程度までは10dBm程度、500m以上の場合は、15～20dBm程度までの送信電力に制限する必要がある。
 - 非同期(移動局被干渉): 上空NR移動局の高度によらず、送信可能な電力値が一定値に収束している。仮に、離隔距離5kmで運用する場合は、上空NR移動局の高度によらず、14dBm程度までの送信電力に制限する必要がある。
- 同一帯域では、干渉影響が大きいと、周囲の免許人との運用調整において、適切な送信電力値、離隔距離について、確認した上で運用することが必要不可欠であると考えられる。



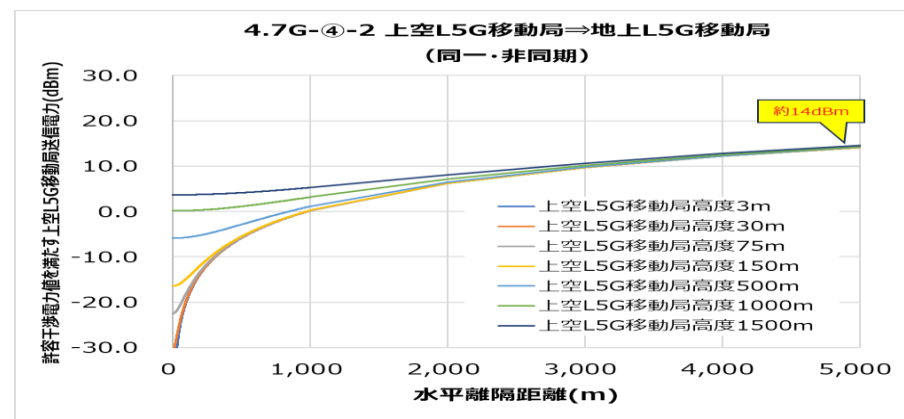
4.7G-④-1/2 同一・同期/非同期の場合のモデル(1対1)

4.7G-④ Sub6帯 同一帯域の場合の検討結果

シナリオ#	与干渉	被干渉	同期・非同期	所要離隔距離
4.7G-④-1	上空L5G移動局	L5Gマクロセル基地局	同期	高度3～150m=40.1km 高度500～1,000m=38.0km 高度1,500m=35.3km
4.7G-④-2	上空L5G移動局	地上L5G移動局	非同期	高度3～1,500m=27.2km

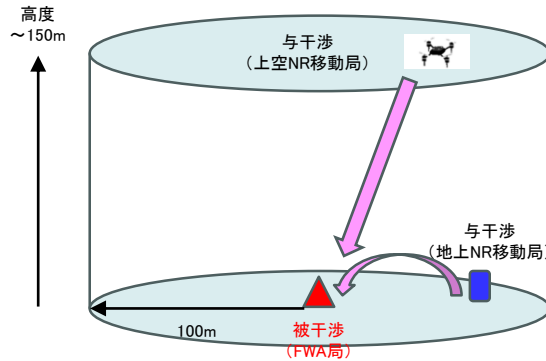


4.7G-④-1 上空L5G移動局⇒L5G基地局(同一・同期)



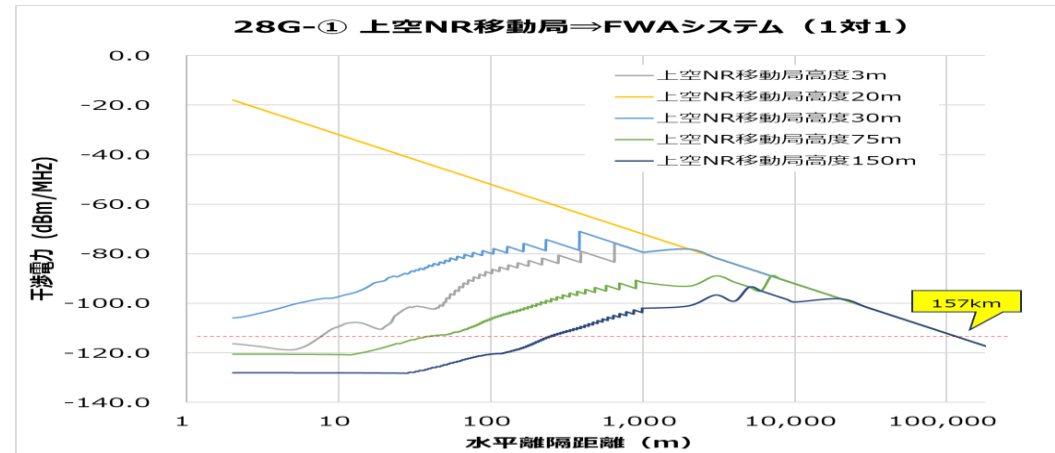
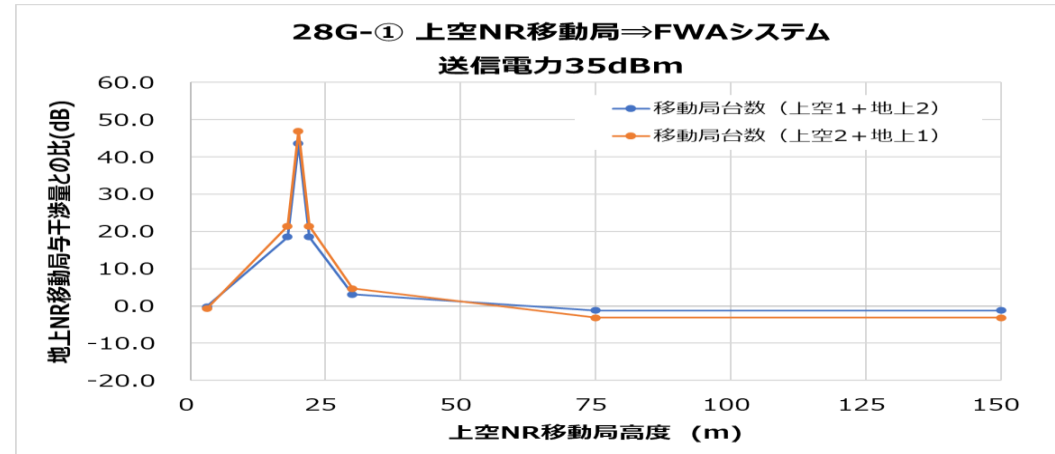
4.7G-④-2 上空L5G移動局⇒地上L5G移動局(同一・非同期)

- 過去の共用検討モデルと手法(※1)を参考に、高度3~150mにおける上空NR移動局からの干渉量を地上NR移動局からの干渉量との比較で評価した。
- 検討結果からは、上空NR移動局高度が、被干渉局の空中線高となった場合(=20m)に、ワーストケース(47dB増加)となることが分かる。
- **上空NR移動局がFWAシステムアンテナの主ビーム方向に正対した場合の所要離隔距離を計算すると、約157kmとなる。**
- 従って、FWAシステムと共用するには、離隔距離を確保することに加え、空間的な共用スキームを適用する必要があると考えられる。



項目		地上NR移動局	上空NR移動局
シミュレーションエリア※2		半径100m	半径100m
空中線高	高さ	1.5m	3/20/30/75/150m※3
	水平位置	シミュレーションエリア内でランダム	
与干渉電力 (EIRP密度)		7dBm/MHz(=-13dBm/MHz+20dBi)	
移動局数		3台※4	変数とする※5

28G-① FWAシステムとの共用検討モデル(モンテカルロシミュレーション)



28G-① 上空NR移動局⇒FWAシステム(上: モンテカルロシミュレーション、下: 1対1)

※1 2018年7月31日及び2023年6月21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

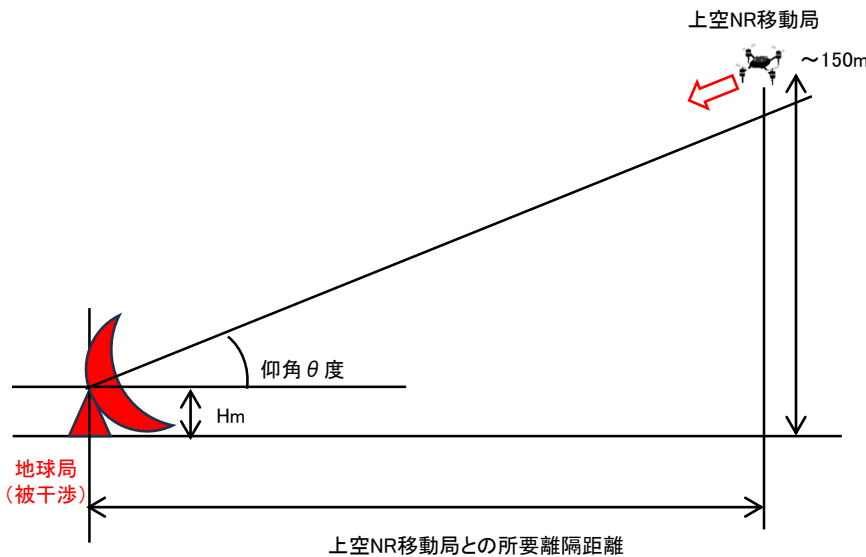
※2 過去の情通審※1の共用検討モデルと同じ

※3 上空移動局は高度一定で評価

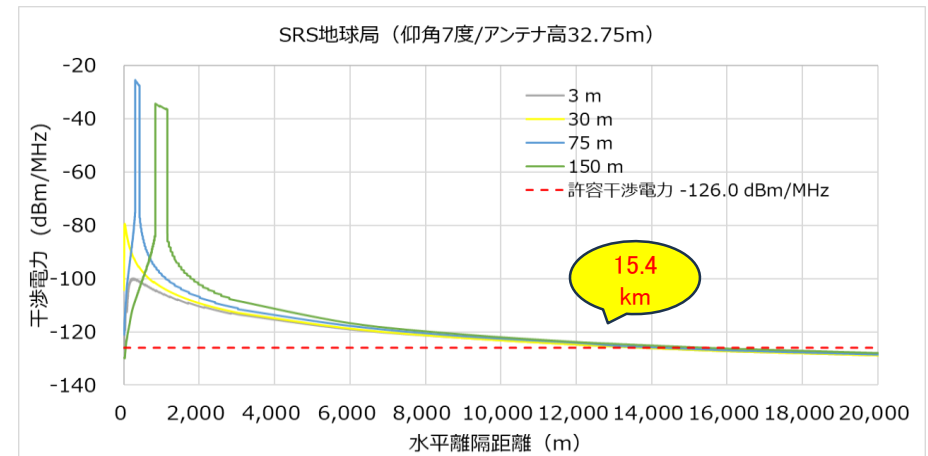
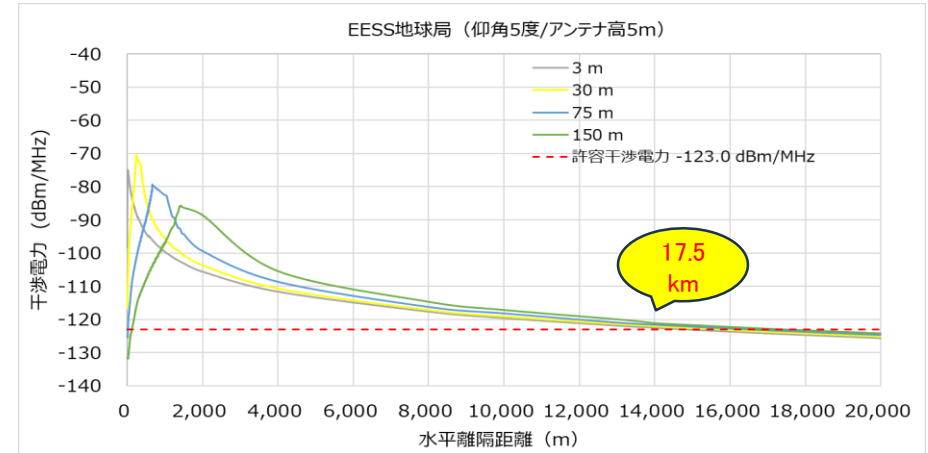
※4 過去の情通審においてモンテカルロシミュレーションで使用している移動局密度より算出。

※5 地上+上空の合計で3台とし、上空移動局は1~2台とした。

- 過去の検討(※1)では、NR基地局からの影響のみを評価しており、地上NR移動局の影響は、NR基地局からの影響より相当小さいので、NR基地局が運用できる場所であれば共用可能となっている。さらに、HPUEとの共用検討(※2)においても、通常NR移動局とHPUEはスプリアス値が変わらないので、過去の検討結果がそのまま適用できるとしている。
- 上空NR移動局を運用する場合、上空NR移動局が、地球局アンテナの主ビーム方向に存在するケースがあり得るため、干渉影響は増大すると考えられる。
- 従って、上空NR移動局から地球局への影響について、1対1モデル(正対)で検討を行った(下右図参照)。
- **検討結果から、上空NR移動局を運用する場合は、地球探査衛星業務(EESS)地球局との間に約17.5km、宇宙研究業務(SRS)地球局との間に約15.4kmの離隔距離が必要となることが分かる。**
- 従って、地球探査衛星業務/宇宙研究業務・地球局と適切な離隔距離を確保すれば、共用可能であると考えられる。



28G-②地球探査衛星業務/宇宙研究業務・地球局との検討モデル(1対1)



28G-② 上空NR移動局⇒地球探査衛星業務/宇宙研究業務・地球局(1対1)

※1 2018年7月31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

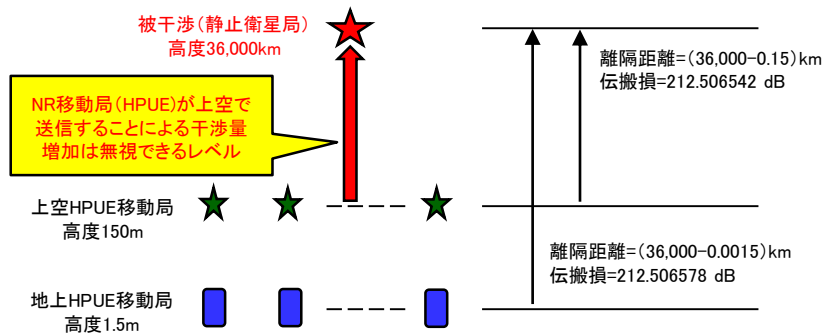
※2 2203年6月21日 総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会 報告

■ 上空NR移動局→衛星局

- 過去の共用検討結果※¹を引用し、高度3～150mにおける上空NR移動局から固定衛星・衛星局への干渉影響を評価した。
- 地上NR移動局(HPUE)と上空NR移動局の空中線特性は同じであるため、被干渉である衛星局(静止衛星)への与干渉量の違いは、伝搬距離の差による伝搬損だけになる。
- ここで、地上1.5mの地上NR移動局と高度150mの上空NR移動局から衛星局(高度36,000km)までの伝搬損の差を計算すると、下表のようになる。
- 従って、NR移動局が、上空150mから送信したとしても、衛星局への与干渉増加は、わずか0.00036dBであり、干渉影響は、地上NR移動局と変わらないと考えられる。
- 過去の共用検討※¹で、地上NR移動局(HPUE)と固定衛星・衛星局との所要改善量は、-17dB(全て屋外移動局の場合)であることから、上空NR移動局とも、過去の共用条件にて共用可能と考えられる。
- なお、現在のITU-R Radio Regulations※²や電波法令等に基づく基地局の設置を変更する必要性が今後生じた場合には、ビームフォーミングの扱いに留意して改めて検討を進めることが適当であると考えられる。

■ 地球局→上空NR移動局

- 上空NR移動局が地球局送信の主ビーム方向に存在する場合は、干渉影響を受ける可能性があると考えられる。一方、28GHz帯の5G基地局、移動局は、地球局免許人との間の事業者間調整により運用可能場所を限定するという共用条件が課せられており、上記のように、上空NR移動局も同様である。
- 従って、5G基地局の周辺でしか運用できない上空NR移動局は、地球局の近傍では運用できないということになる。この場合、地球局の仰角と上空NR移動局との水平離隔距離との関係によるが、地球局との水平離隔距離がある程度確保されている状態であれば、上空NR移動局が地球局の主ビーム方向に入る可能性は低くなると考えられる※³。
- 事業者間調整において、上空NR移動局の被干渉度合いについても事前検討しておけば、特段の追加共用条件無しで共用可能と考えられる。
- なお、ローカル5G(28.45-29.1GHz)については、周波数割当計画において「同一周波数帯を使用する固定衛星業務の地球局からの保護を要求してはならない」と規定されている。



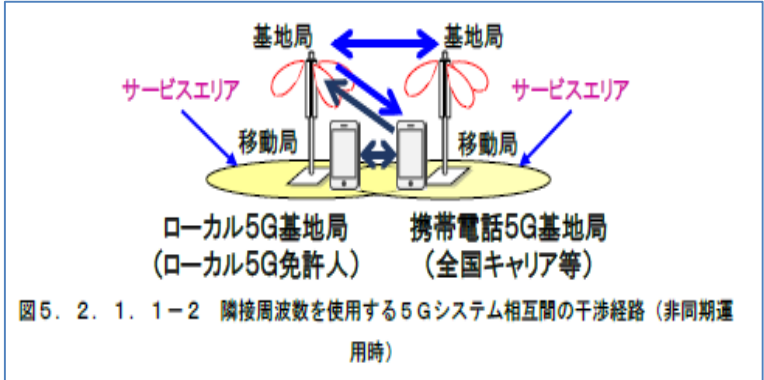
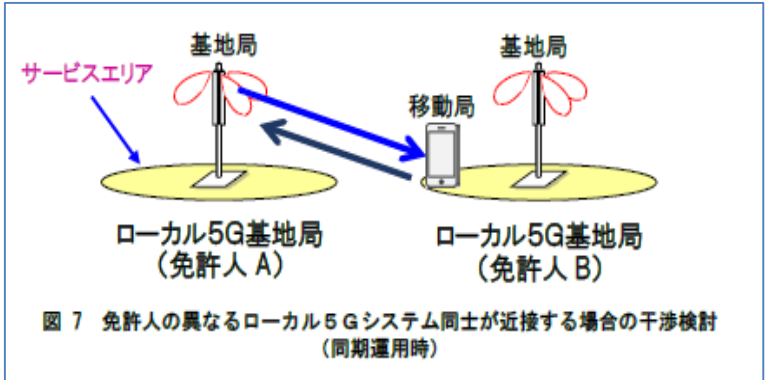
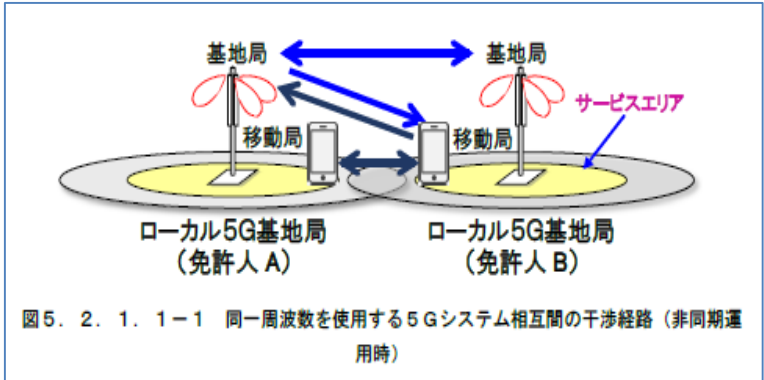
28G-③ 固定衛星(衛星局)との検討モデル

	移動局 高度(m)	静止衛星局との 離隔距離(km)	伝搬損 (dB)	伝搬損の差 (dB)	所要改善量 (dB)
全て地上NR 移動局の場合 (PC1)	1.5	35,999.985	212.506578		-17.0 ※ ¹
全て上空NR 移動局の場合 (PC1)	150	35,999.850	212.506542		-16.999994

※¹ 2023年6月21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

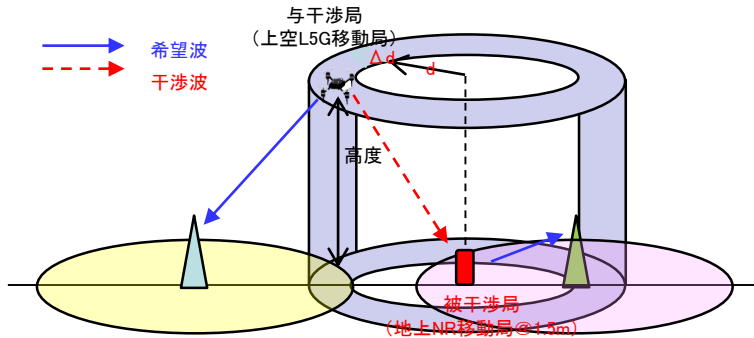
※² ITU-R Radio Regulations RES.224 (WRC-19) resolves 2.1 には以下の記述がある “take practical measures to ensure the transmitting antennas of outdoor base stations are normally pointing below the horizon, when deploying IMT base stations within the frequency band 24.25-27.5 GHz; the mechanical pointing needs to be at or below the horizon;”

- 移動通信システム相互間の共用検討については、以下に示す過去の情報通信審議会における共用検討の考え方を踏襲して行うこととする。
- 具体的な干渉シナリオと共用検討手法は、下表の通り。

	同期運用	非同期運用
隣接周波数	共用検討不要(GB=0MHzで共存可能)(※1)	- 移動局が上空利用する場合の与干渉影響を評価(28G-④) - 上空移動局⇒地上移動局について、過去の検討(※3)と同様に確率計算で評価。  図5. 2. 1. 1-2 隣接周波数を使用する5Gシステム相互間の干渉経路(非同期運用時)
同一周波数	- 移動局が上空利用する場合の与干渉影響を評価(28G-⑤-1) - 上空移動局⇒基地局について、過去の検討(※2)と同様に1対1で評価。  図 7 免許人の異なるローカル5Gシステム同士が近接する場合の干渉検討(同期運用時)	- 移動局が上空利用する場合の与干渉影響を評価(28G-⑤-2) - 上空移動局⇒地上移動局について、過去の検討(※3)と同様に1対1で評価。  図5. 2. 1. 1-1 同一周波数を使用する5Gシステム相互間の干渉経路(非同期運用時)

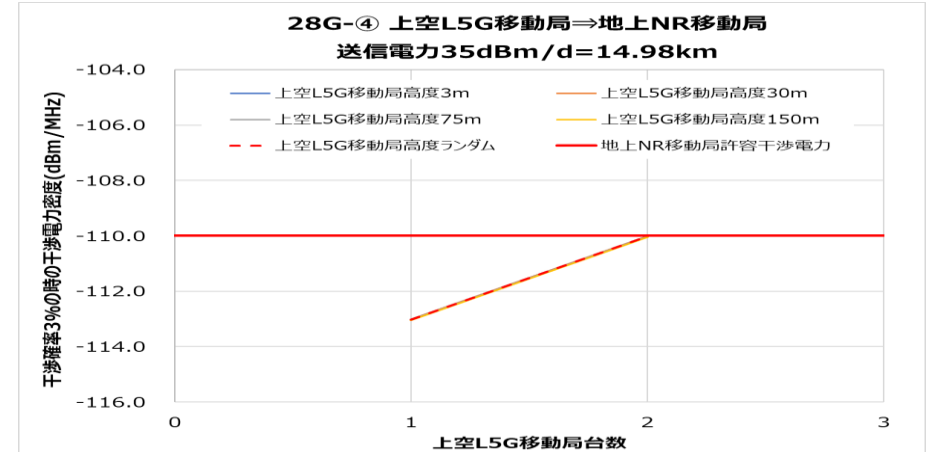
※1 2018年7月31日 総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会 報告
 ※2 2019年6月18日 総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会 報告
 ※3 2020年7月14日 総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会 報告

- 28G-④ 隣接・非同期の場合は、過去の共用検討※1と同様に、移動局⇒移動局について確率計算(モンテカルロシミュレーション)で評価した。
- 上空L5G移動局2台で評価すると※2、最大送信電力時に干渉発生確率を3%以下とするには、被干渉となる地上NR移動局との距離を約15km以上確保する必要があることが分かる。
- mmW帯で採用したモデルでは、与干渉と被干渉の間の離隔距離が上空L5G移動局の高度によって、それほど変わらないため、上空L5G移動局高度による影響がほとんどないことが分かる。
- 現実的な離隔距離とするためには、上空L5G移動局の送信電力を下げる必要があると考えられるため、地上NR移動局の許容干渉電力を満たす上空L5G移動局送信電力と、水平離隔距離との関係を計算したところ、仮に、5kmの離隔距離で運用する場合は26dBm程度までに送信電力を制限する必要があることが分かる。
- 従って、ある程度の離隔距離を確保した上で、上空移動局の送信電力を低減する等、周囲の免許人との間で適切な運用調整を行った上で運用すれば共用可能と考えられる。

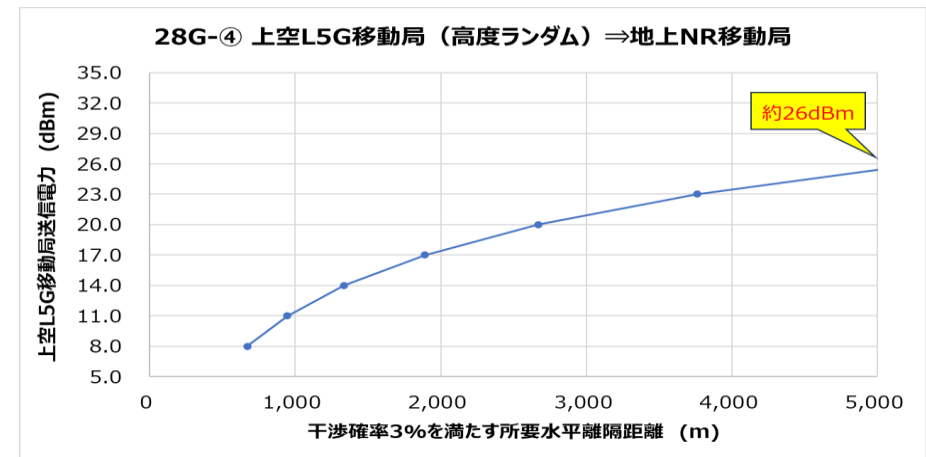


項目		上空L5G移動局
シミュレーションエリア		変数とした
移動局位置	高さ	3/30/75/150m、 高度ランダム(1.5~150m)
	水平位置	シミュレーションエリア内でランダム
移動局数		1~2台※2

28G-④ mmW帯 隣接・非同期の場合の検討モデル
(モンテカルロシミュレーション)



28G-④ 上空L5G移動局⇒地上NR移動局(隣接・非同期)

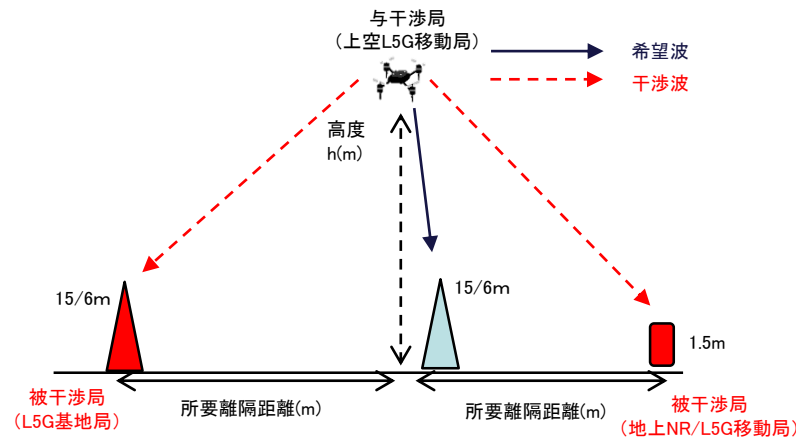


28G-④ 上空L5G移動局⇒地上NR移動局(送信電力と水平離隔距離の関係)

※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

※2 情通審の過去の検討モデル(3台/km²)から、地上NR移動局と合わせて最大3台とし、上空は最大2台までで検討。

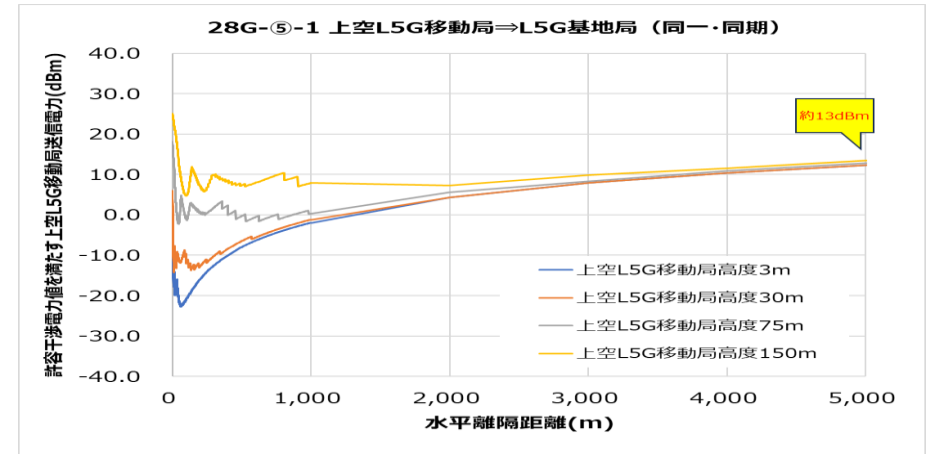
- 28G-⑤-1/2 同一・同期/非同期の場合は、過去の共用検討※と同様に、下表に示す干渉シナリオにおいて、1対1モデルを用いて所要離隔距離を評価したところ、上空NR/L5G移動局が最大送信電力で送信する場合の所要離隔距離は、同期条件で約68km、非同期条件で約75kmとなった(下表参照)。
- 現実的な離隔距離とするためには、上空NR/L5G移動局の送信電力を下げる必要があると考えられるため、許容干渉電力を満たす上空NR/L5G移動局送信電力と離隔距離との関係を1対1モデルで計算した。
 - 同期(基地局被干渉): 仮に離隔距離5kmで運用する場合は、13dBm程度までの送信電力に制限する必要がある。
 - 非同期(移動局被干渉): 仮に離隔距離5kmで運用する場合は、12dBm程度までの送信電力に制限する必要がある。
- 同一帯域では、干渉影響が大きいと、周囲の免許人との運用調整において、適切な送信電力値、離隔距離について、確認した上で運用することが必要不可欠であると考えられる。



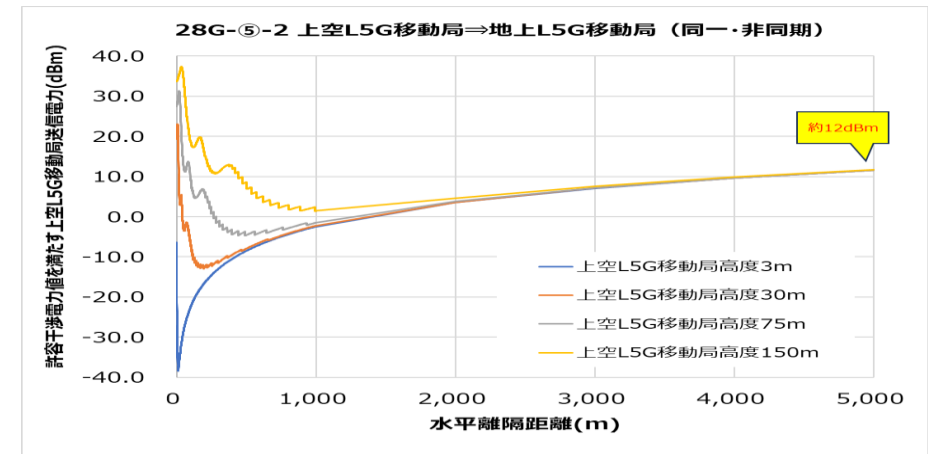
28G-⑤-1/2 同一・同期/非同期の場合のモデル(1対1)

28G-⑤-1/2 mmW帯 同一帯域の場合の検討結果

シナリオ#	与干渉	被干渉	同期・非同期	所要離隔距離
28G-⑤-1	上空L5G移動局	基地局	同期	高度3～150m=68.3km
28G-⑤-2	上空L5G移動局	地上L5G移動局	非同期	高度3～150m=74.7km

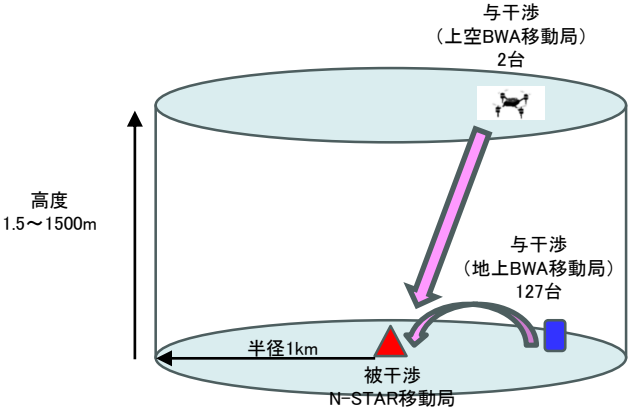


28G-⑤-1 上空L5G移動局⇒L5G基地局(同一・同期)



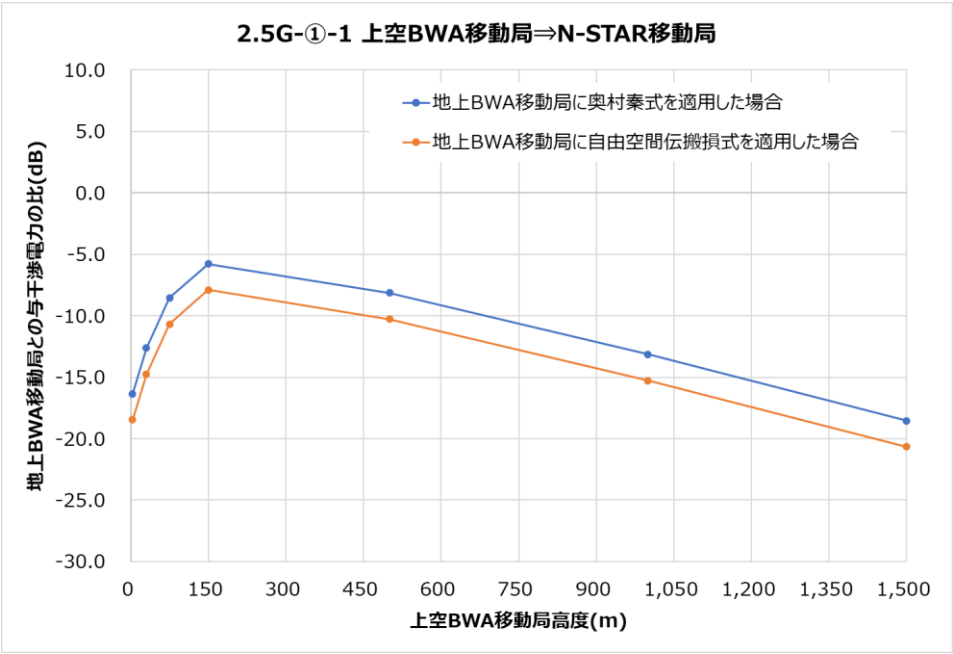
28G-⑤-2 上空L5G移動局⇒地上L5G移動局(同一・非同期)

- 過去の共用検討モデルと手法※1を引用し、高度3～1500mにおけるBWA上空移動局からの干渉量を地上BWA移動局からの干渉量で正規化して評価した。
- 上空BWA移動局からの干渉量は、高度によらず、地上BWA移動局からの与干渉電力値を下回ることが分かる。
- 過去の共用検討でも地上BWA移動局とN-STAR移動局は共用可能となっているため、上空BWA移動局も共用可能と考えられる。



項目		地上BWA移動局	上空BWA移動局
シミュレーションエリア※2		半径1km	同左
移動局位置	高さ	1.5m	3/30/75/150/500/1000/1500m※3
	水平位置	シミュレーションエリア内でランダム	
移動局数		127台※4	2台※5
伝搬モデル		奥村秦及び自由空間※6	自由空間

2.5G-①-1 N-STAR移動局との共用検討モデル(モンテカルロシミュレーション)

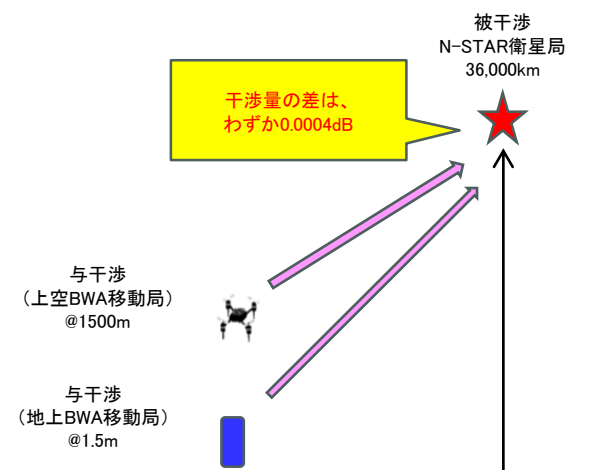


2.5G-①-1 上空BWA移動局⇒N-STAR移動局

※1 2006年12月21日 総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 広帯域移動無線アクセスシステム委員会 報告
※2 過去の情通審※1の共用検討モデルと同じ
※3 上空BWA移動局は高度一定で評価
※4 過去の情通審※1の共用検討モデルにおける移動局密度=40.4台/km²を用いて、半径1kmエリアの台数を算出
※5 地上BWAネットワークへの影響評価の際に用いた1台/セルの移動局密度(セル半径866mのルーラルエリアを適用)から、半径1kmエリアにおける移動局台数=1.33台/km²(=1台/セル×(1²×3.14)/(0.866²×3.14))を算出
※6 地上BWA移動局と干渉量は、過去の検討ではNLOS条件で検討しているが、今回検討に用いたSEAMCATソフトでは動作しないため、伝搬式には、奥村秦式と自由空間伝搬損失式を用いてSIMした。

2.5G-①-2 N-STAR衛星局との共用検討結果

- 地上BWA移動局と上空BWA移動局の空中線特性は同じであるため、被干渉であるN-STAR衛星局への与干渉量の違いは、伝搬距離の差による伝搬損だけになる。
- 下表に示すように、地上1.5mの地上BWA移動局と高度1,500mの上空BWA移動局からN-STAR衛星局（高度36,000km）までの伝搬損の差は、わずか0.0004dBしかない。
- 従って、N-STAR衛星局への与干渉量は、地上BWA移動局と同じであると言える。
- 地上BWA移動局とN-STAR衛星局は共用可能であるため、上空BWA移動局も共用可能と考えられる。

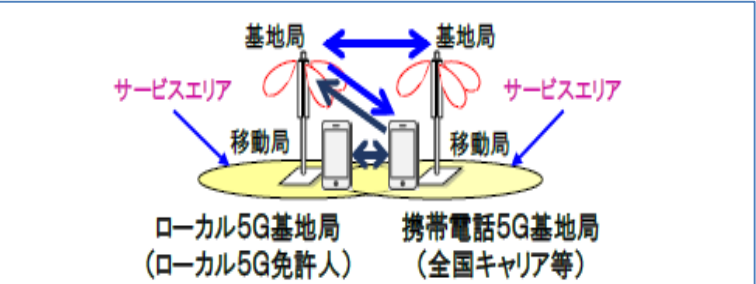
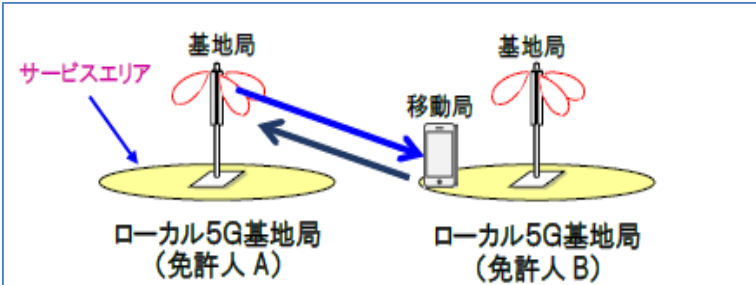
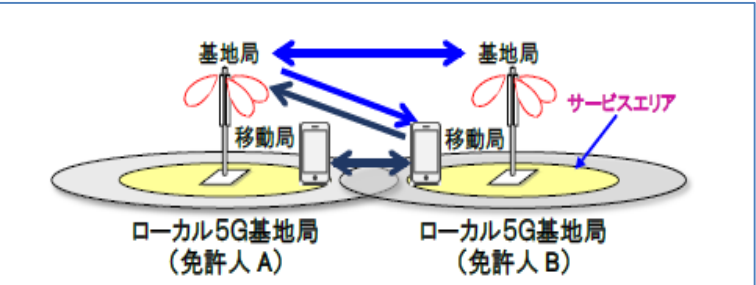


2.5G-①-2 N-STAR衛星局との検討モデル

2.5G-①-2 N-STAR衛星局とBWA移動局との伝搬損の差

	空中線高(m)	N-STAR衛星局とBWA移動局との間の伝搬損失(dB)	備考
地上BWA移動局	1.5	192.0447	周波数=2655MHz N-STAR衛星局高=36,000km
上空BWA移動局	1,500	192.0443	

- 移動通信システム相互間の共用検討については、以下に示す過去の情報通信審議会における共用検討の考え方を踏襲して行うこととする。
- 具体的な干渉シナリオと共用検討手法は、下表の通り。

	同期運用	非同期運用
隣接周波数	共用検討不要(GB=0MHzで共存可能)(※1)	- 移動局が上空利用する場合の与干渉影響を評価(2.5G-②) - 上空移動局⇒地上移動局について、過去の検討(※3)と同様に確率計算で評価。  図5. 2. 1. 1-2 隣接周波数を使用する5Gシステム相互間の干渉経路(非同期運用時)
同一周波数	- 移動局が上空利用する場合の与干渉影響を評価(2.5G-③-1) - 上空移動局⇒基地局について、過去の検討(※2)と同様に1対1で評価。  図7 免許人の異なるローカル5Gシステム同士が近接する場合の干渉検討(同期運用時)	- 移動局が上空利用する場合の与干渉影響を評価(2.5G-③-2) - 上空移動局⇒地上移動局について、過去の検討(※3)と同様に1対1で評価。  図5. 2. 1. 1-1 同一周波数を使用する5Gシステム相互間の干渉経路(非同期運用時)

※1 2018年7月31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

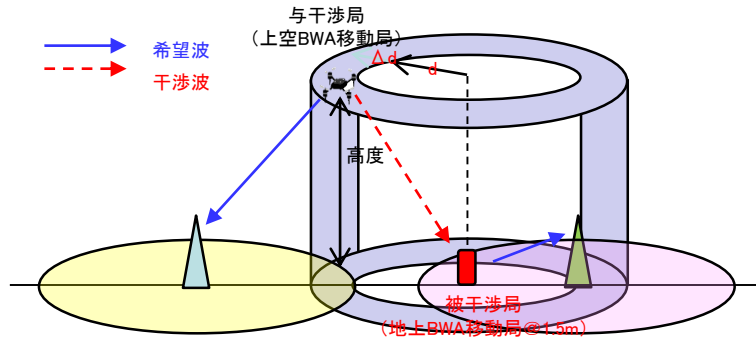
※2 2019年6月18日 総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会 報告

※3 2020年7月14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

2.5G-② 移動通信システム相互間の共用検討結果

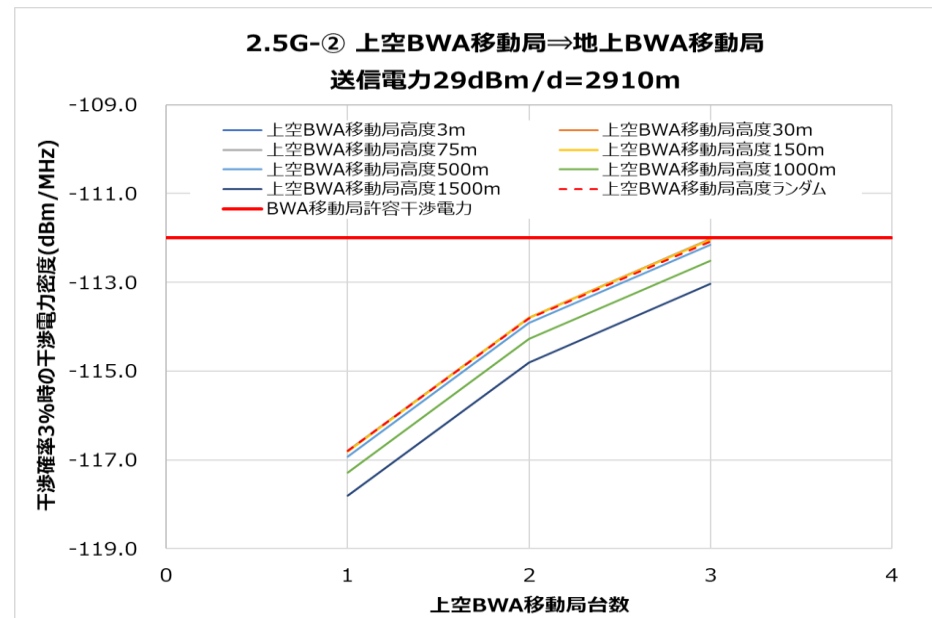
60

- 2.5G-② 隣接・非同期の場合は、過去の共用検討※1と同様に、移動局⇒移動局について確率計算（モンテカルロシミュレーション）で評価した。
- 地上BWA移動局（HPUE）との過去の共用検討では、干渉発生確率が3%未満になっている※1。しかし、地上BWA移動局同士の検討では、伝搬モデルをNLOS条件としてシミュレーションを行っているため、上空BWA移動局からの与干渉について、この結果を引用することは適切ではないと考えられる（常にLOS条件になると考えられるため）。
- 上空BWA移動局からの影響については、LOS、自由空間伝搬損を前提としたうえで、保護エリアを所要離隔距離と見なして、干渉発生確率を3%以下とするために必要な離隔距離を評価した。
- 下右図に示すように、上空BWA移動局の運用台数によって影響度合いが変わるが、仮に、3台運用とした場合※2は、最大送信電力時に干渉発生確率を3%以下にするための所要離隔距離は2,910mとなり、これは現状の地域/自営等BWAの普及状況を勘案すれば、実現可能であると考えられる。
- 従って、隣接・非同期の場合は、周囲のBWA免許人との間で運用調整を行なう上で、運用する上空BWA移動局に合わせた適切な離隔距離を確保すれば共用可能性があると考えられる。



項目		上空BWA移動局
シミュレーションエリア		変数とした
移動局位置	高さ	3/30/75/150/ 500/1,000/1,500m 高度ランダム (1.5~1,500m)
	水平位置	シミュレーションエリア内でランダム
移動局数		1~3台※2

2.5G-② BWA帯 隣接・非同期の場合の検討モデル
(モンテカルロシミュレーション)



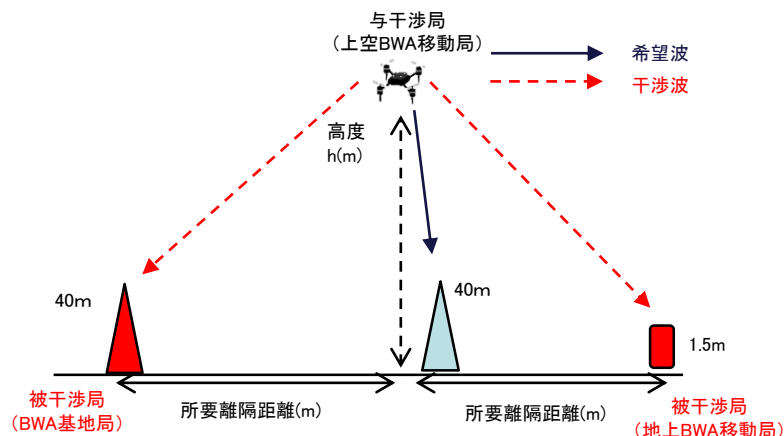
2.5G-② 上空BWA移動局⇒地上BWA移動局 (隣接・非同期)

※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 地上BWAの情通審における共用検討モデルでは、移動局密度は40.4台/km²となっているが、上空でこれと同等のBWA移動局数が同時運用されることは想定しづらい。

2.5G-③-1/2 移動通信システム相互間の共用検討結果

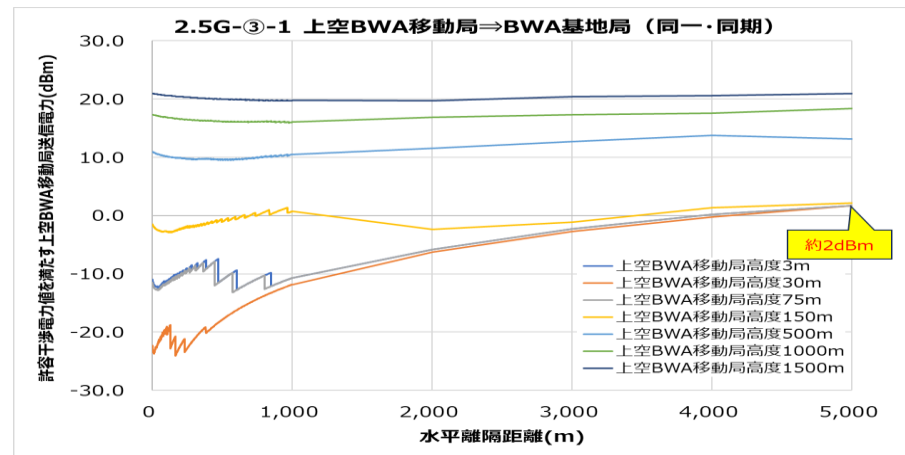
- 2.5G-③-1/2 同一・同期/非同期の場合は、過去の共用検討※と同様に、下表に示す干渉シナリオにおいて、1対1モデルを用いて所要離隔距離を評価したところ、上空BWA移動局が最大送信電力で送信する場合の所要離隔距離は、同期条件で116km、非同期条件で36.7kmとなった（下表参照）。
- 現実的な離隔距離とするためには、上空BWA移動局の送信電力を下げる必要があると考えられるため、許容干渉電力を満たす上空BWA移動局送信電力と離隔距離との関係を1対1モデルで計算した。
 - 同期（基地局被干渉）：干渉影響の程度は、基地局側のアンテナパターンと高さに依存する（移動局アンテナパターンはオムニ）。すなわち、上空BWA移動局が、被干渉局（基地局）の主ビーム方向に存在すると、干渉影響が大きくなる。今回の評価では、基地局高40mで下向きチルト角としているが、サイドローブの影響も含めて、上空BWA移動局の高度150m程度で、送信電力の上限が変わっている。仮に、離隔距離5kmで運用する場合には、高度150m程度までは、2dBm程度、高度500m以上の場合には、10~20dBm程度となっている。
 - 非同期（移動局被干渉）：上空BWA移動局の高度によらず、送信可能な電力値が一定値に収束している。仮に、離隔距離5kmで運用する場合は、11dBm程度となっている。
- 同一帯域では、干渉影響が大きいため、周囲の免許人との運用調整を行い、適切な送信電力値、離隔距離について、確認した上で運用することが必要不可欠であると考えられる。



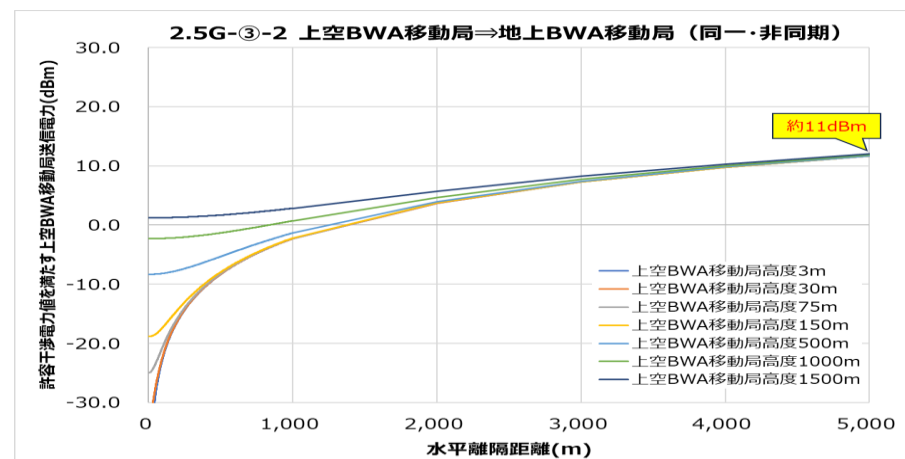
2.5G-③-1/2 同一・同期/非同期の場合の検討モデル(1対1)

2.5G-③-1/2 BWA帯 同一帯域の場合の検討結果

シナリオ#	与干渉	被干渉	同期・非同期	所要離隔距離
2.5G-③-1	上空BWA移動局	BWA基地局	同期	高度3~1,000m = 116km 高度1,500m = 110km
2.5G-③-2	上空BWA移動局	地上BWA移動局	非同期	高度3~1,500m = 36.7km



2.5G-③-1 上空BWA移動局⇒BWA基地局 (同一・同期)



2.5G-③-2 上空BWA移動局⇒BWA移動局 (同一・非同期)