

同一/隣接周波数帯を使用する 無線システムとの共用検討（2.5GHz帯）

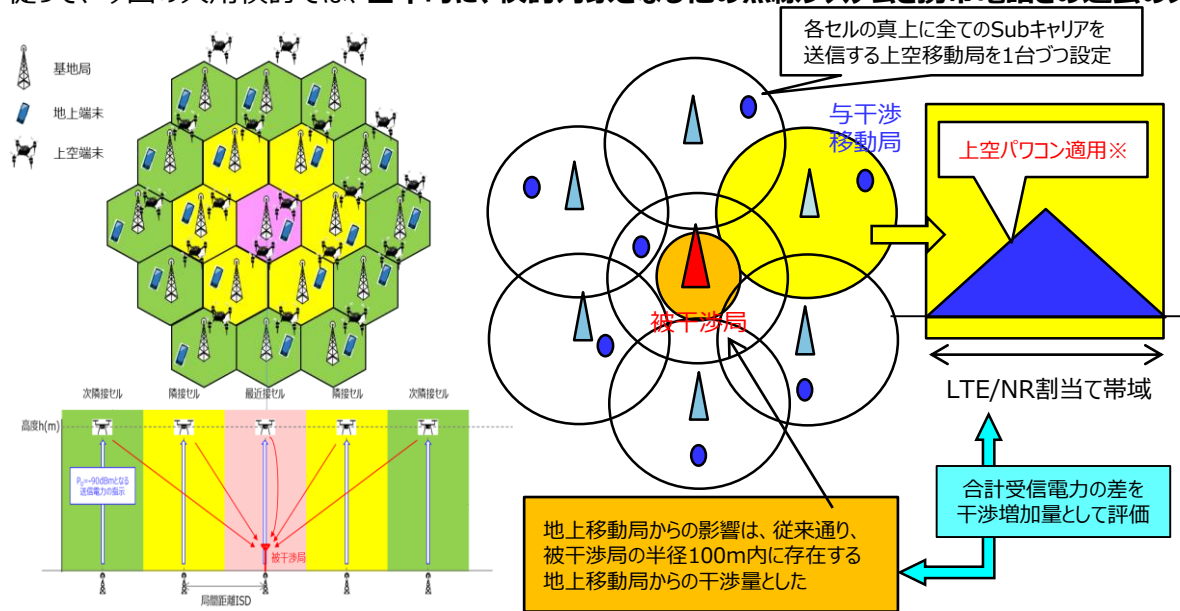
2024年7月23日
ドコモ・テクノロジー株式会社



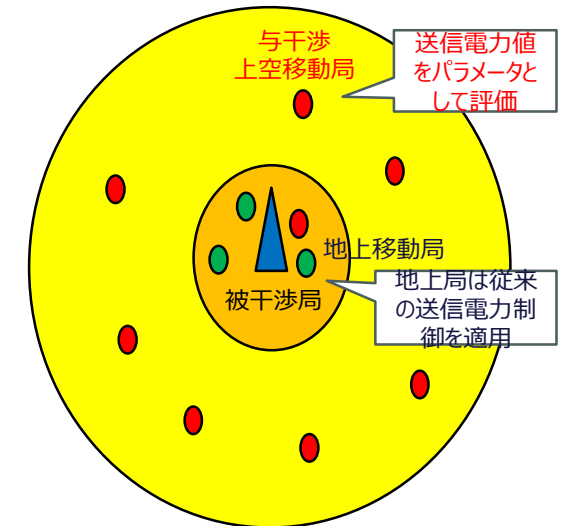
1. 過去の振り返りと今回の検討手法
2. 共用検討対象システム等の整理
3. N-STARシステムとの共用検討
4. 移動通信システム相互間の共用検討
5. まとめ

1. 過去の振り返りと今回の検討手法

- 過去の検討※1の振り返り
 - 過去の共用検討（※1）では、地上移動局からの干渉量を基準に、上空移動局を配置した際に、被干渉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、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
 - 他の無線システムとの共用検討については、今回の携帯電話等基地局への影響検討と同様に、モンテカルロシミュレーション（確率計算）により、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（※1）においては、与干渉側の携帯電話等ネットワーク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、検討対象周波数帯全域にわたり、携帯電話ネットワーク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広範囲であり、今回の携帯電話等基地局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、今回の共用検討では、**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。**



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)



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。

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)

2. 共用検討対象システム等の整理

- BWA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。
- 共用検討パラメータは、参考資料2-1、2-2参照。

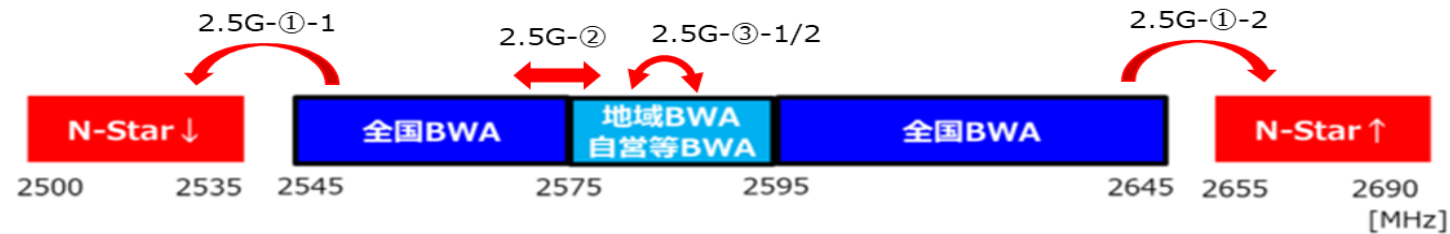


表1 BWA帯において共用検討対象となる無線システム

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

(参考2-1) BWA帯の共用検討に用いた被干渉側パラメータ

- 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

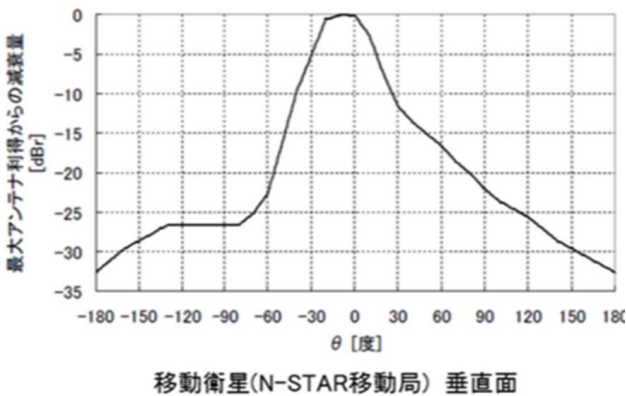
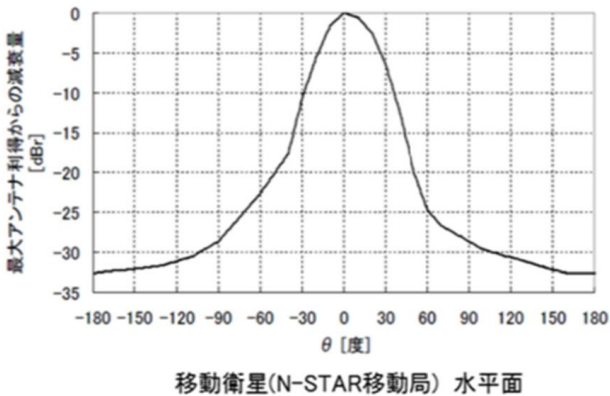


図1 N-STAR移動局アンテナパターン

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

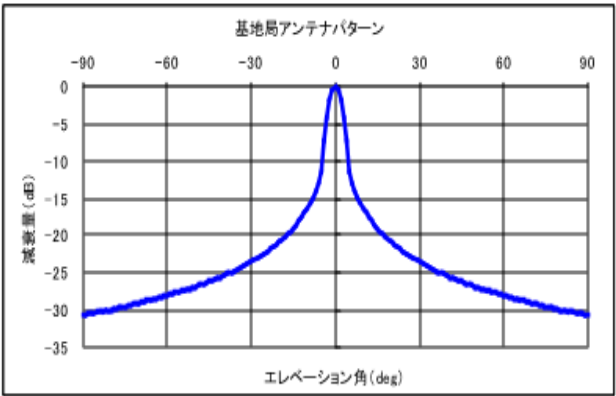


図2 BWA基地局のアンテナパターン

(参考2-2) BWA帯の共用検討に用いた与干渉側パラメータ

- 共用検討に用いた与干渉側パラメータは以下の通り。

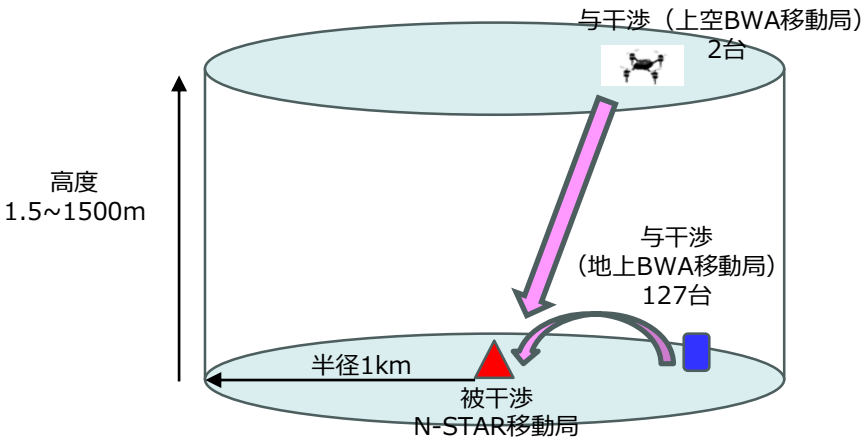
BWA移動局の送信パラメータ

項目		BWA移動局 ※1
周波数帯		2.5GHz帯
送信帯域幅		20MHz
空中線電力		29dBm ※2
空中線電力密度		16dBm/MHz
空中線利得		4dBi ※2
アンテナパターン		オムニ
給電線損失		0dB ※2
EIRP		33dBm
EIRP密度		20dBm/MHz
不要発射強度		2530-2535MHz※3：-25dBm/MHz 2655MHz～※4：-13dBm/MHz 地域BWA共用検討値※5：-10.8dBm/MHz
その他損失		0dB
空中線高	地上移動局	1.5m
	上空移動局	3/30/75/150/500/1000/1500m、高度ランダム（1.5～1500m）
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 ※6 基本セル以遠：上空のみ配置 1台/セル、3台/セル、9台/セル ※7

※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)
※3 N-STAR移動局受信帯域
※4 N-STAR人工衛星局受信帯域
※5 アンテナ利得も含めた共用検討値
※6 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
※7 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

3. N-STAR移動局との共用検討結果(2.5G-①-1)

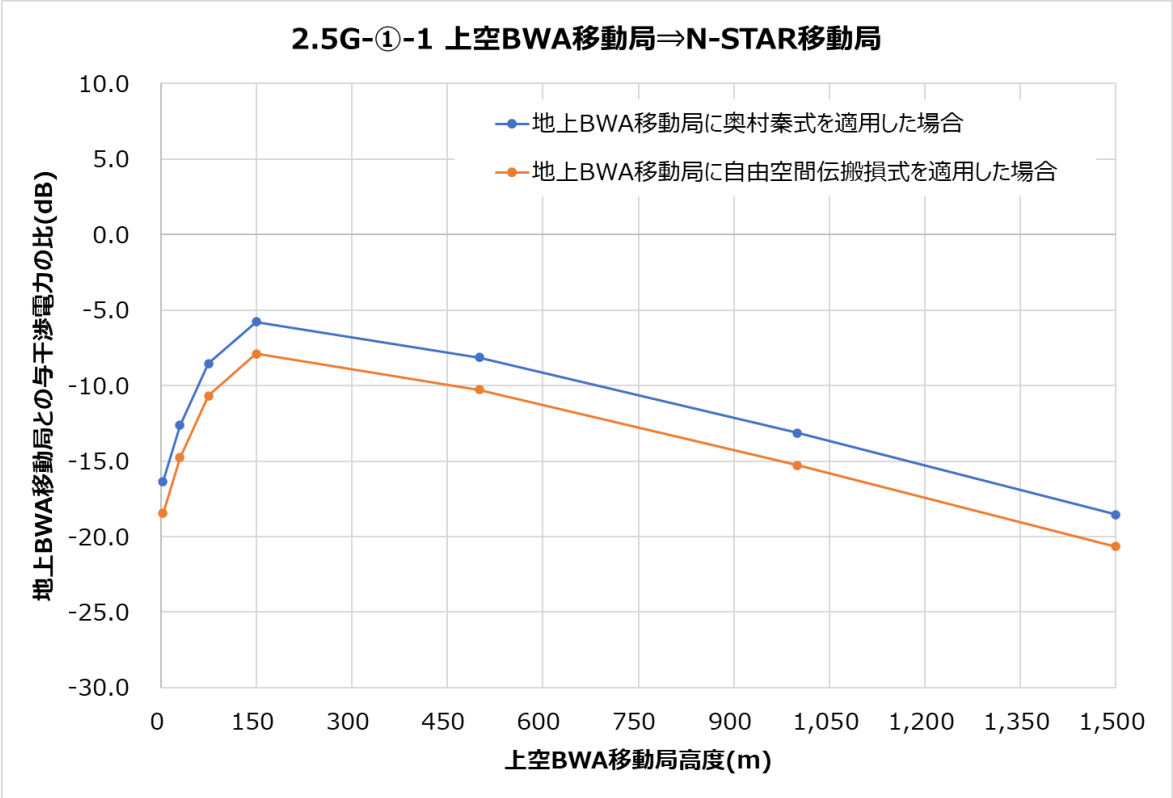
- 過去の共用検討モデルと手法（※1）を引用し、高度3~1500mにおけるBWA上空移動局からの干渉量を地上BWA移動局からの干渉量で正規化して評価した。
- 上空BWA移動局からの干渉量は、高度によらず、地上BWA移動局からの与干渉電力値を下回ることがわかる。**
- 過去の共用検討でも地上BWA移動局とN-STAR移動局は共用可能となっているため、上空BWA移動局も共用可能と考えられる。**



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		奥村泰及び自由空間※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）

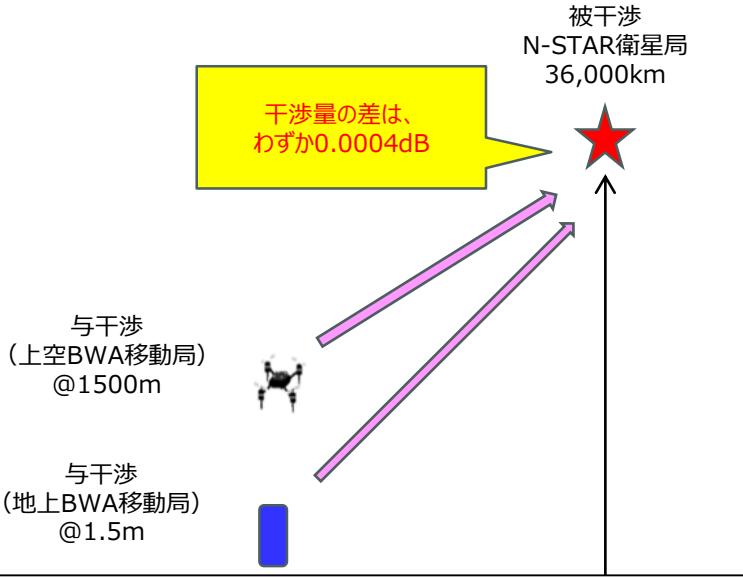
※1 2006年12月21日 総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 広帯域移動無線アクセスシステム委員会 報告
※2 過去の情通審※1の共用検討モデルと同じ
※3 上空BWA移動局は高度一定で評価
※4 過去の情通審※1の共用検討モデルにおける移動局密度=40.4台/km²を用いて、半径1kmエリアの台数を算出
※5 地上BWAネットワークへの影響評価の際に用いた1台/セルの移動局密度（セル半径866mのルールエリアを適用）から、半径1kmエリアにおける移動局台数=1.33台/km²（=1台/セル×（1²×3.14）/（0.866²×3.14））を算出
※6 地上BWA移動局与干渉量は、過去の検討では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、奥村泰式と自由空間伝搬損式を用いてSIMした。



2.5G-①-1 上空BWA移動局⇒N-STAR移動局

3. N-STAR衛星局との共用検討結果(2.5G-①-2)

- 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。



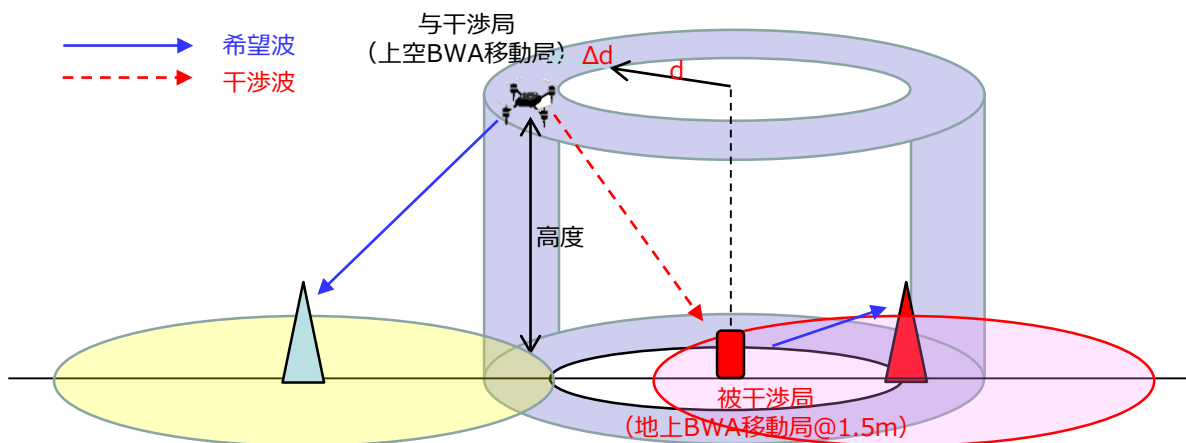
2.5G-①-2 N-STAR衛星局との検討モデル

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	

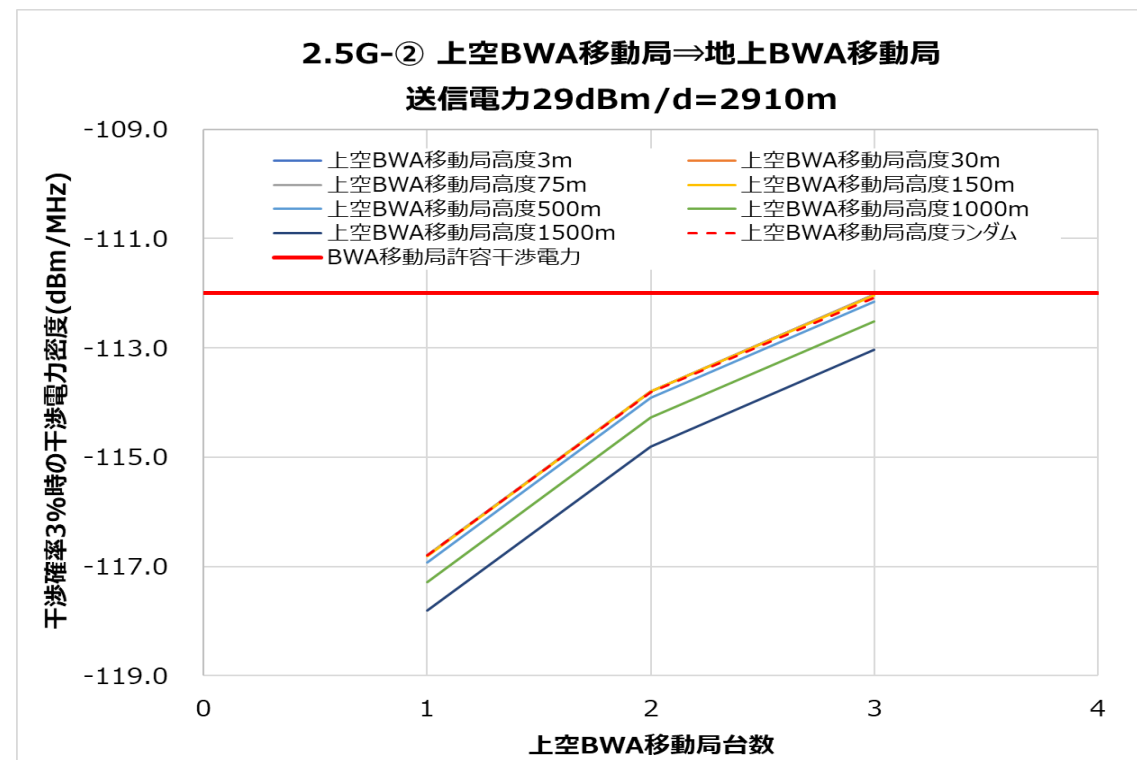
4. 移動通信システム相互間の共用検討結果(2.5G-②)

- 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2910m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	3/30/75/150/500/1000/1500m、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

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

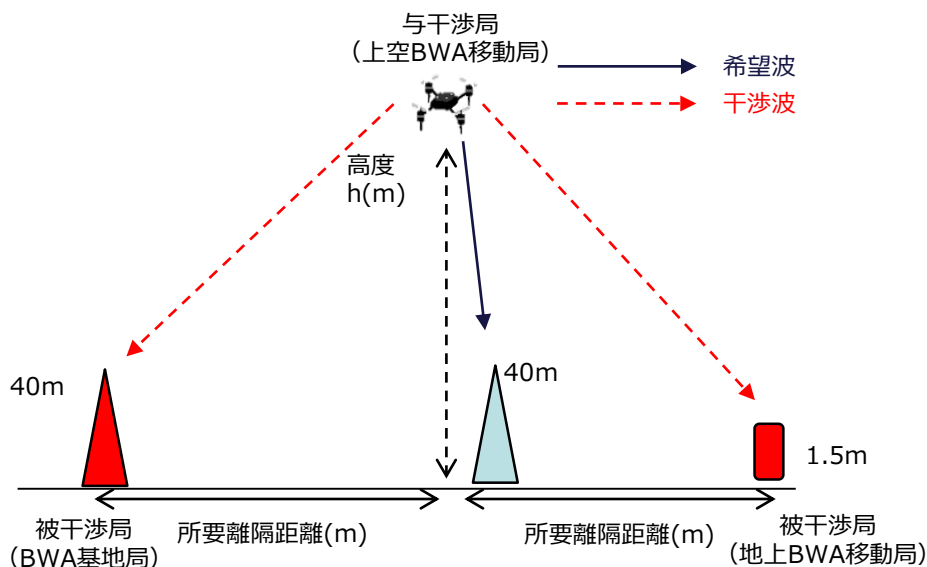
※2 地上BWAの情通審における共用検討モデルでは、移動局密度は40.4台/km²となっているが、上空でこれと同等のBWA移動局数が同時運用されることは想定しづらい。

4. 移動通信システム相互間の共用検討結果(2.5G-③-1/2)

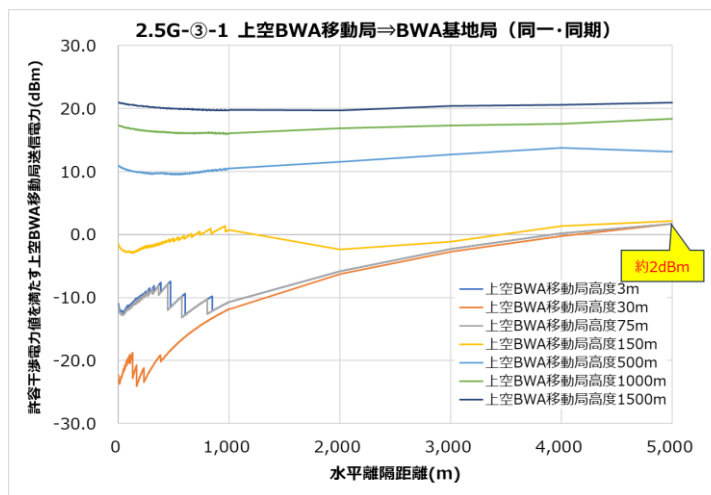
- **2.5G-③-1/2 同一・同期/非同期の場合**は、過去の共用検討（※1）と同様に、下表に示す干渉シナリオにおいて、1対1モデルを用いて所要離隔距離を評価したところ、上空BWA移動局が最大送信電力で送信する場合の所要離隔距離は、同期条件で116km、非同期条件で36.7kmとなった（下表参照）。
- 現実的な離隔距離とするためには、上空BWA移動局の送信電力を下げる必要があると考えられるため、許容干渉電力を満たす上空BWA移動局送信電力と離隔距離との関係を1対1モデルで計算した。
 - 同期（基地局被干渉）：基地局被干渉の場合、干渉影響の程度は、基地局側のアンテナパターンと高さに依存する（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で下向きの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）：移動局被干渉の場合は、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、干渉影響が大きいので、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 BWA帯 同一帯域の場合の検討結果

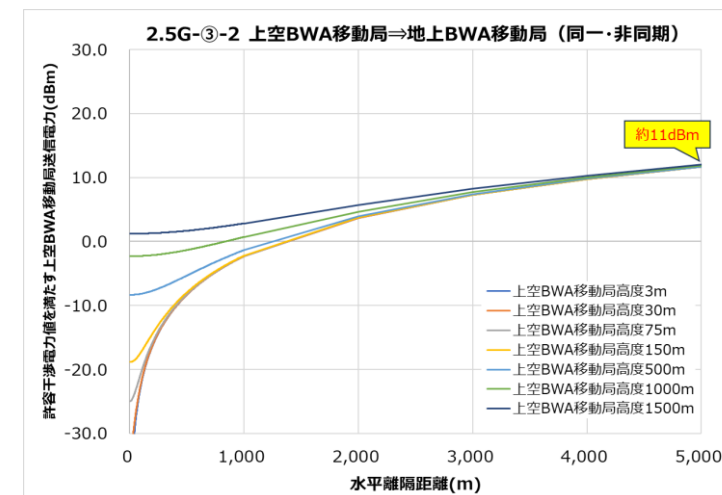
シナリオ #	与干渉	被干渉	同期・非同期	所要離隔距離
2.5G-③-1	上空BWA移動局	BWA基地局	同期	高度3~1,000m = 116km 高度1,500m = 110km
2.5G-③-2	上空BWA移動局	地上BWA移動局	非同期	高度3~1,500m = 36.7km



2.5G-③-1/2 同一・同期/非同期の場合の検討モデル(1対1)



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)

※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

5. まとめ

- BWA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2910m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。
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。
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。