

150m超において携帯電話（LTE）を 利用する場合の共用検討結果

**2022年9月15日
ドコモ・テクノロジー（株）**



CONTENTS

- 1. 2019年度総務省技術試験事務における調査検討について**
2. 地上携帯電話ネットワークへの影響
3. 携帯電話等の同一/隣接帯域等を使用する他の無線システムとの共用検討への影響
4. 遠方補足問題の検討
5. まとめ

2019年度総務省技術試験事務における調査検討について

■ 調査検討の背景

- 携帯電話及び広帯域移動無線アクセスシステム(以下「携帯電話等」という)は陸上での利用を前提としたシステム設計がされており、他の無線システムとの干渉検討においても陸上での利用を前提として検討している。
- このため、無人航空機や有人ヘリコプター(以下「無人航空機等」という)に携帯電話等を搭載し、画像・データ転送に利用したいというニーズに対し、総務省では、無人航空機等に搭載する携帯電話等に実用化試験局の免許を付与し、既設の無線局の運用等に支障を与えない範囲内で運用している。
- 一方、3GPPにおいて、2018年6月のリリース15で、携帯電話等を上空で利用する際に必要な送信電力制御機能等の標準化が取りまとめられたことから、総務省においては、2018年度の調査において、高度150m以下の上空利用に関する共用条件等を取りまとめ、その成果を情報通信審議会での審議に活用しているところである。しかし、高度150mを超える上空においても無人航空機等の利用のニーズが健在化していることから導入に向けて引き続き検討を行う必要がある。
- そのため、本調査検討では、更なる上空における携帯電話等の利用に向けた検討を実施するものである。

■ 調査検討の前提

- 調査対象システム：FDD-LTE、TDD-LTE及びAXGP/WiMAX R2.1AE
- 調査対象周波数帯：800MHz、2GHz帯(FDD-LTE)/2.5GHz、3.5GHz帯(TDD-LTE及びAXGP/WiMAX R2.1AE)
- 高度：500m、1,000m、1,500m
- 調査手法：上空における端末等での受信(実測)/上空における端末等からの送信(計算機SIM)。携帯電話等の端末から電波を発射した場合のSIMは、通常の携帯電話等の端末に加え、3GPPで標準化された送信電力制御機能による送信電力制御が行われた携帯電話等の端末についても行う
- その他：調査検討に当たっては、情通審、過去の調査結果、ITU-R、3GPPにおける検討状況を踏まえて検討を行う

■ 調査検討事項

- (1) 電界強度の測定及び上空での携帯電話等の利用による地上携帯電話ネットワークへの影響
- (2) 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への影響
- (3) 遠方補足問題の解決手法の検討
- (4) 上記(1)から(3)までの結果を踏まえ、上空における携帯電話等の利用に関する技術的条件等を取りまとめる。

CONTENTS

1. 2019年度総務省技術試験事務における調査検討について
- 2. 地上携帯電話ネットワークへの影響**
3. 携帯電話等の同一/隣接帯域等を使用する他の無線システムとの共用検討への影響
4. 遠方補足問題の検討
5. まとめ

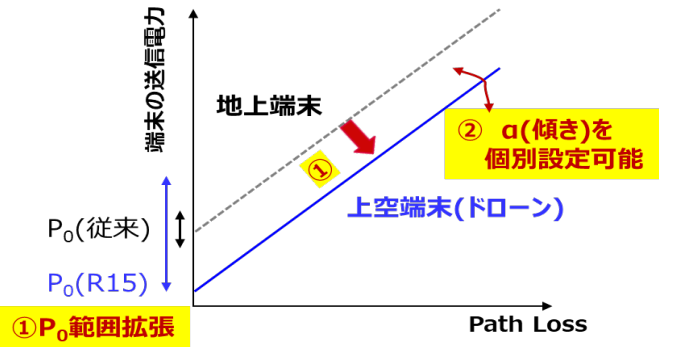
150m超の高度から端末が電波を発射した場合の携帯電話基地局への干渉影響

■ 検討の前提条件

- 2018年度に実施した「150m以下の高度から端末が電波を発射した場合の携帯電話基地局への干渉影響の調査」※1と同様に、机上検討により、影響度合いを評価する。
- 検討対象システムはLTEとし、上空端末は、全て3GPP リリース15で規定されるような上空利用に適した送信電力制御を前提とする（下図参照）。
- シミュレーション条件は、下表に示す通り。

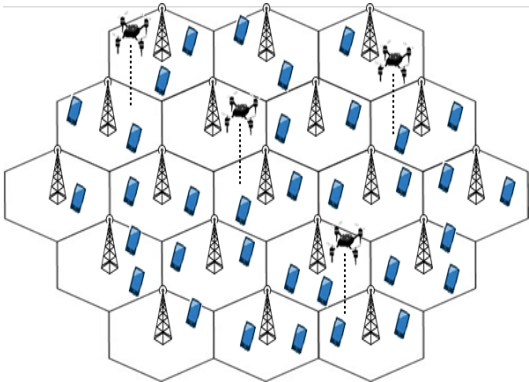
パラメータ		値	
セルレイアウト		19セル正規配置モデル、3セクタ構成(右下図参照)	
周波数		800MHz、2GHz、2.5GHz、3.5GHz帯	
基地局	帯域幅	10MHz(800MHz帯)、20MHz(その他周波数帯)	
	送信電力	40W(800MHz帯)、80W(その他周波数帯)	
	局間距離(ISD)	200m(都会)、500m(地方都市)、1,732m(ルーラル)	
	アンテナ高	40m	
	アンテナ利得	14dBi(800MHz帯)、17dBi(その他周波数帯)	
	アンテナチルト角	23度(都会)、11度(地方都市)、6度(ルーラル)	
端末	端末合計台数		855台(= 45台/セル×19セル)
	上空端末台数※2		1～171台
	高度	地上端末	1.5m
		上空端末※3	500m、1,000m、1,500m
	最大送信電力		200mW
送信電力制御※4 (右上図参照)		地上端末:従来の送信電力制御 上空端末:3GPP リリース15準拠	
トラフィックモデル		FTP model 3※5	
伝搬損失モデル※6	地上向け	3GPPモデル : UMa(都市部)、UMa(地方都市)、RMa(ルーラル)	
	上空向け	自由空間	

※1 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 上空利用検討作業班(第2回) 資料2-3参照 https://www.soumu.go.jp/main_content/000653949.pdf
 ※2 地上端末と上空端末合計855台が19セル全体にランダムに配置される前提とし、855台の一部(19台、57台、171台の3ケース)がドローンに搭載される条件で評価した。
 ※3 全ての上空端末が同一高度にあるものとして評価を行った。
 ※4 送信電力制御パラメータ P_0 は、地上端末は従来の送信電力制御、リリース15ともに-80dBmとし、上空端末は従来の送信電力制御では地上端末と同じ-80dBm、リリース15では地上より10dB低い-90dBmとした。
 ※5 3GPPで性能評価時に用いるトラフィックモデル(参考文献: 3GPP TR 36.872)
 ※6 3GPPで端末性能評価時に使用する伝搬損失モデル(参考文献: 3GPP TR 36.901(地上端末)、TR 36.777(上空端末))



- ① P_0 : 拡張設定範囲を拡張
→ 上空端末のみに対して低いオフセットを設定(従来より端末毎に設定可能)
- ② α : セル共通から端末毎の設定が可能に
→ 上空端末のみに対してパスロスに対して抑制した補完度合いを設定

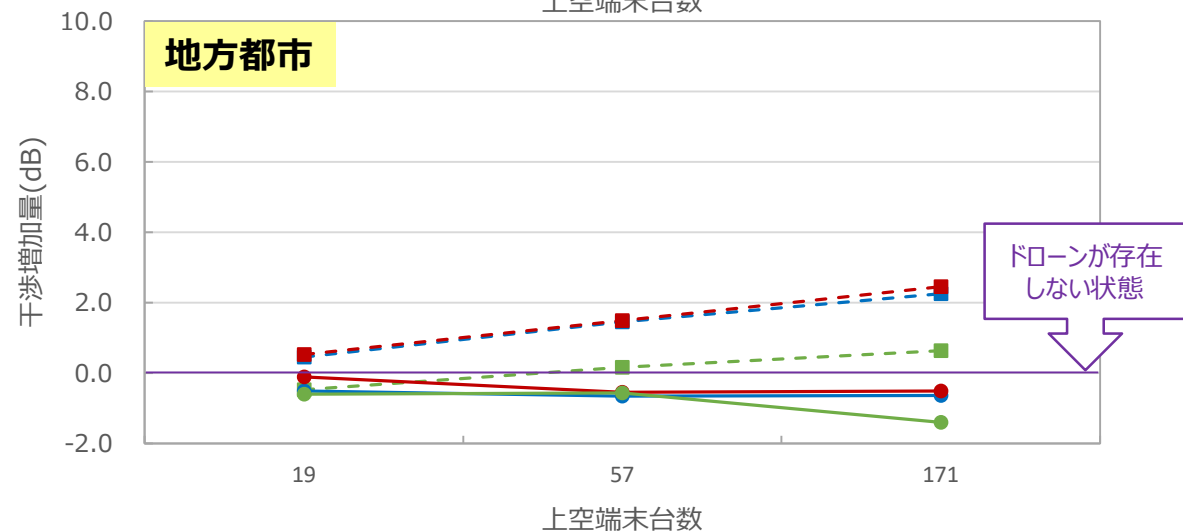
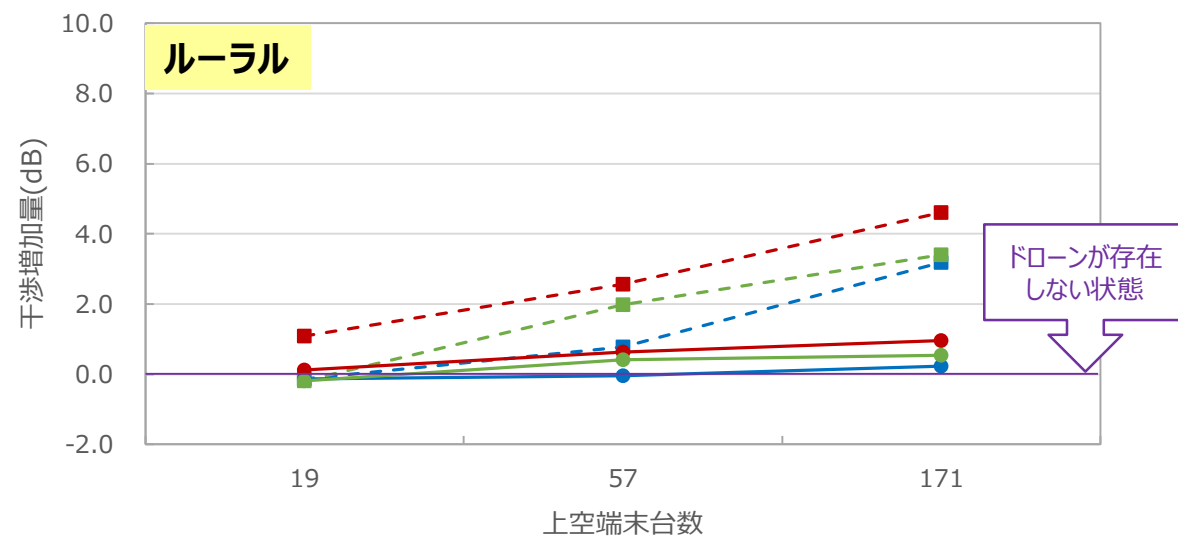
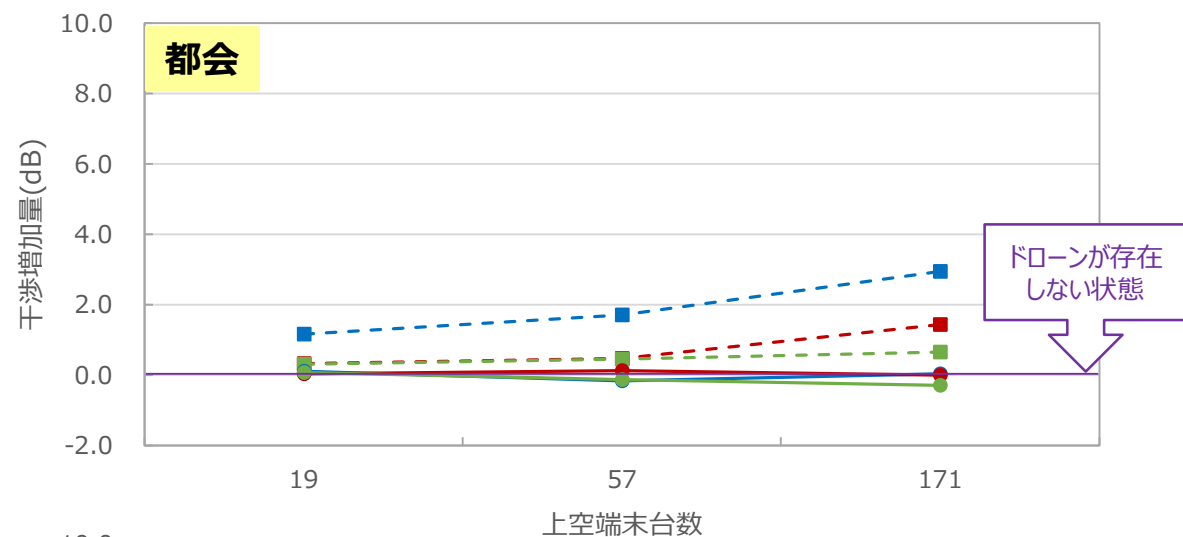
上空用送信電力制御のイメージ



シミュレーションで用いたセルレイアウト
(19セル正規配置モデル、3セクタ構成、全上空端末高度は一定とした)

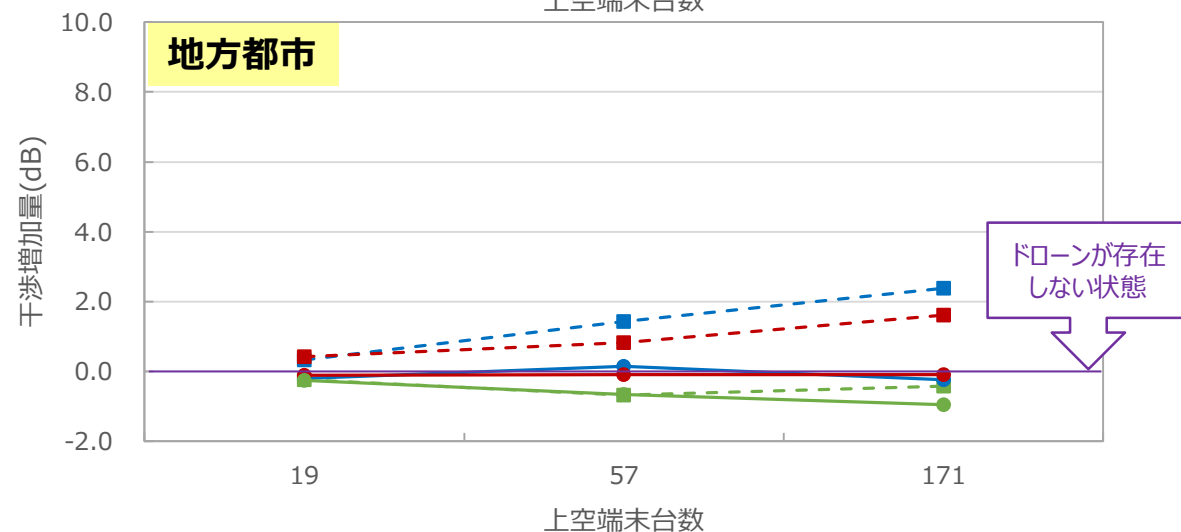
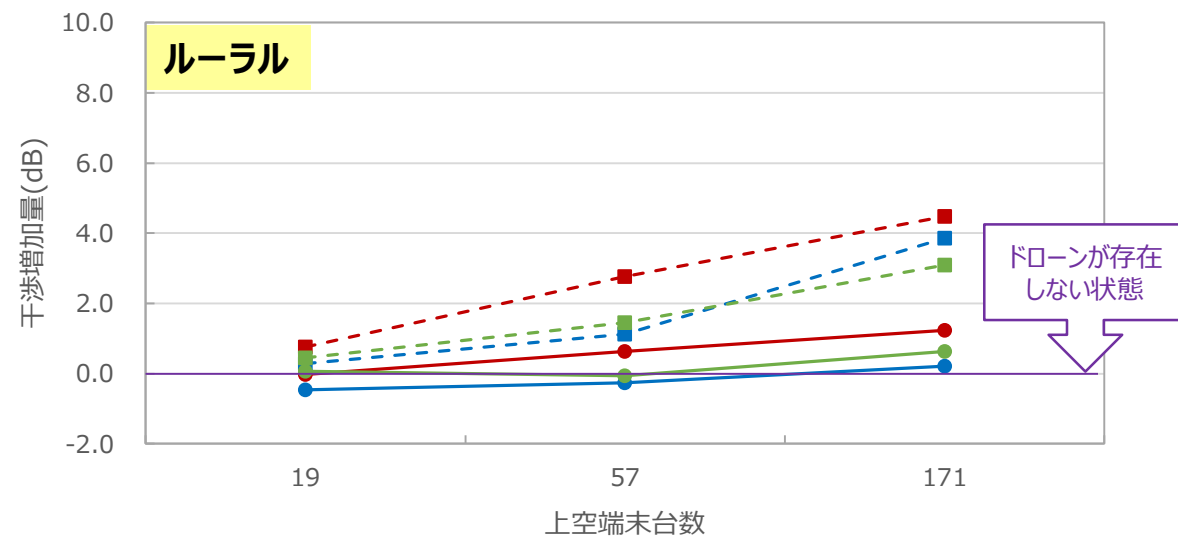
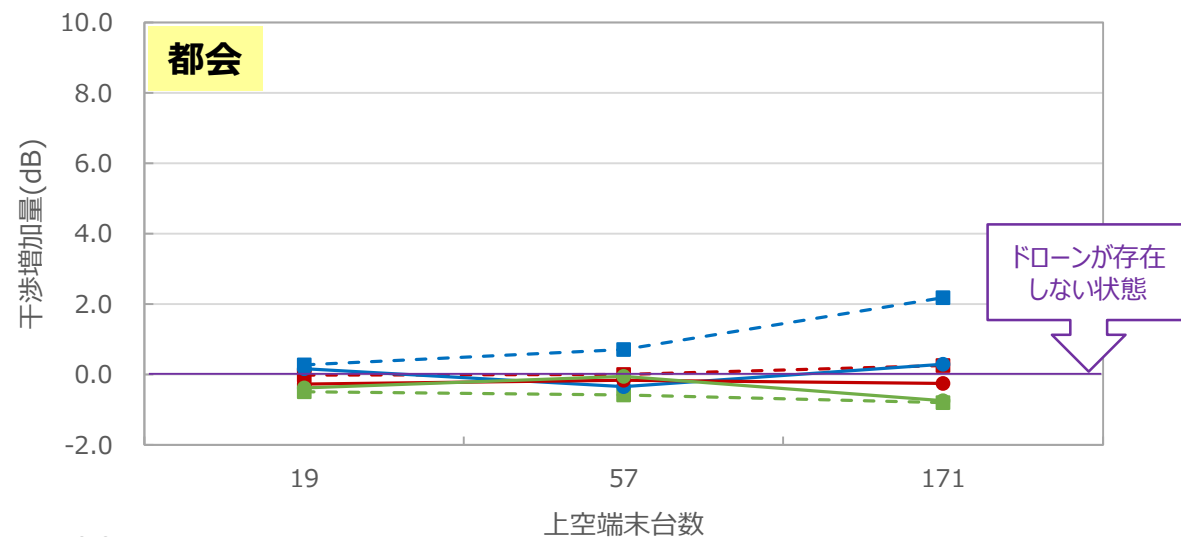
シミュレーション結果 ～800MHz帯の場合～

- 上空端末用送信電力制御を適用した場合（下図実線）は、送信電力制御の効果により、干渉増加量が抑えられていることが判る。



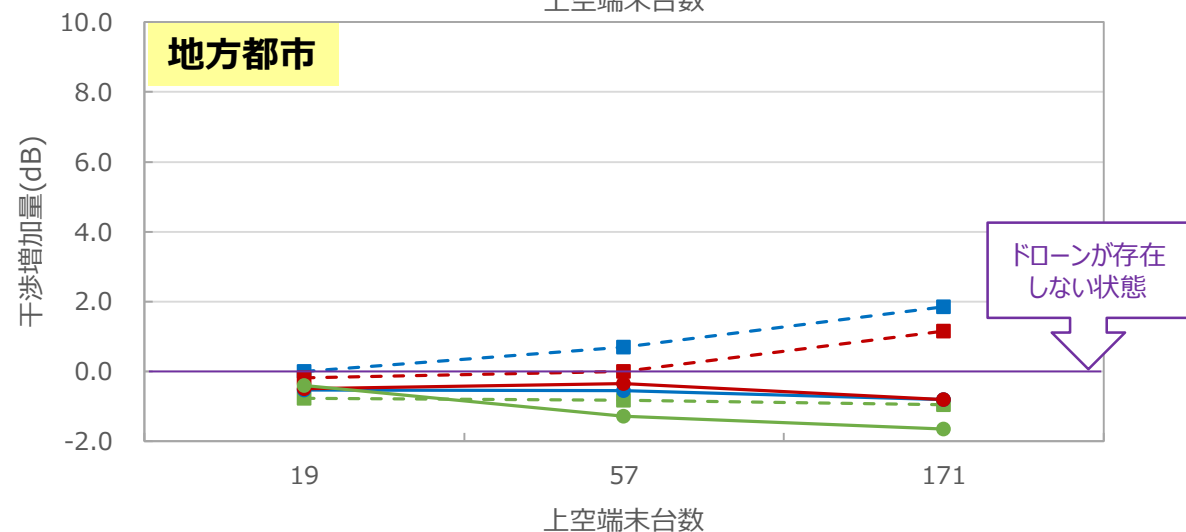
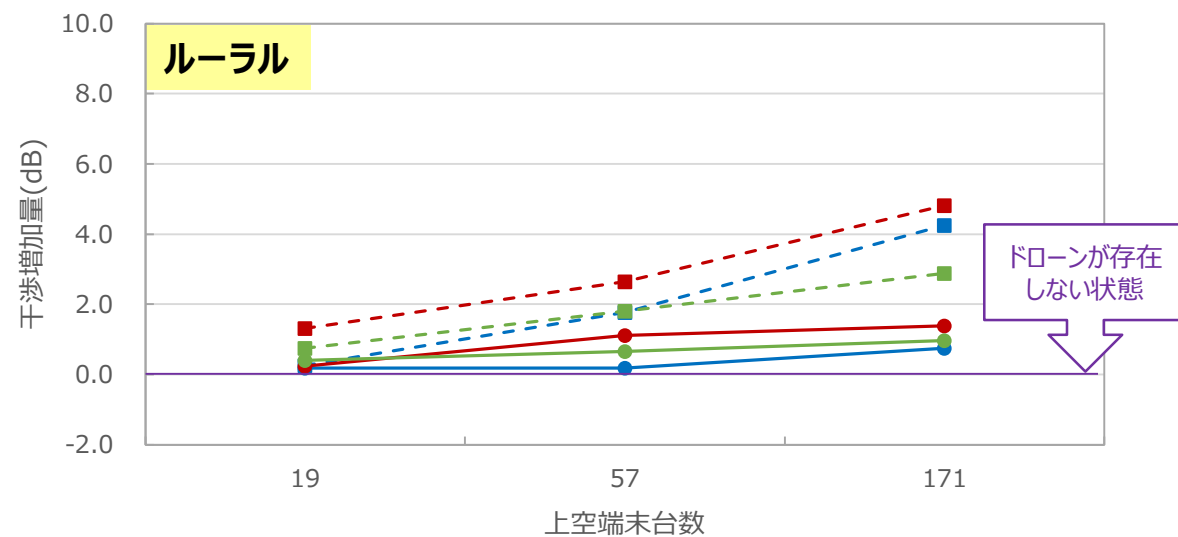
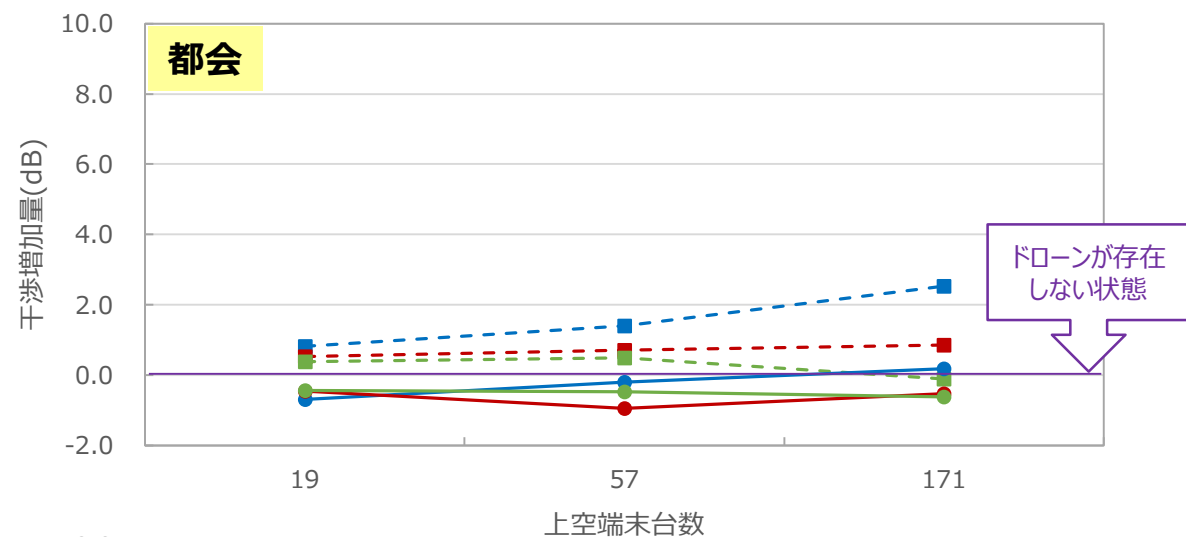
シミュレーション結果 ～2GHz帯の場合～

- 上空端末用送信電力制御を適用した場合（下図実線）は、送信電力制御の効果により、干渉増加量が抑えられていることが判る。



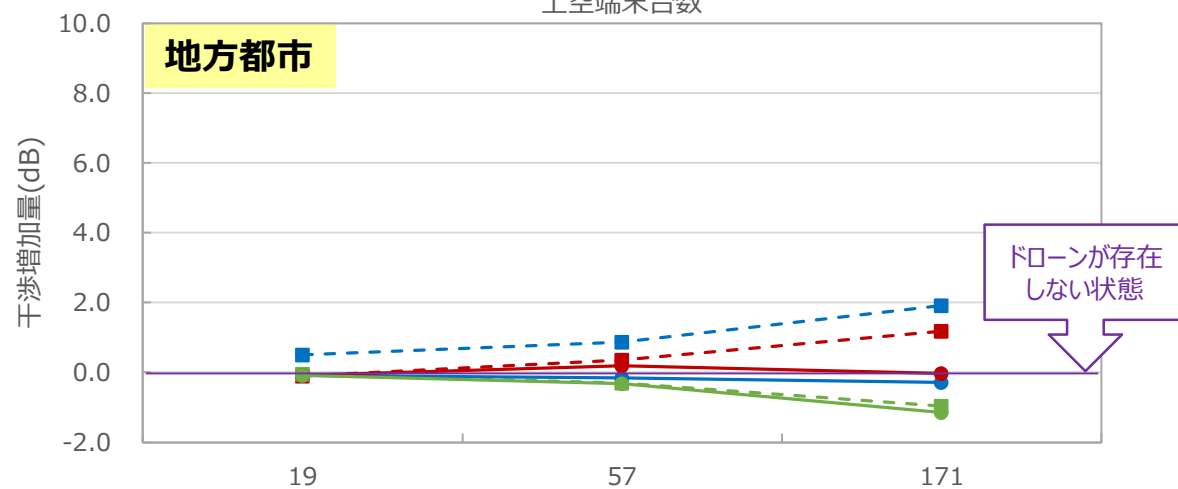
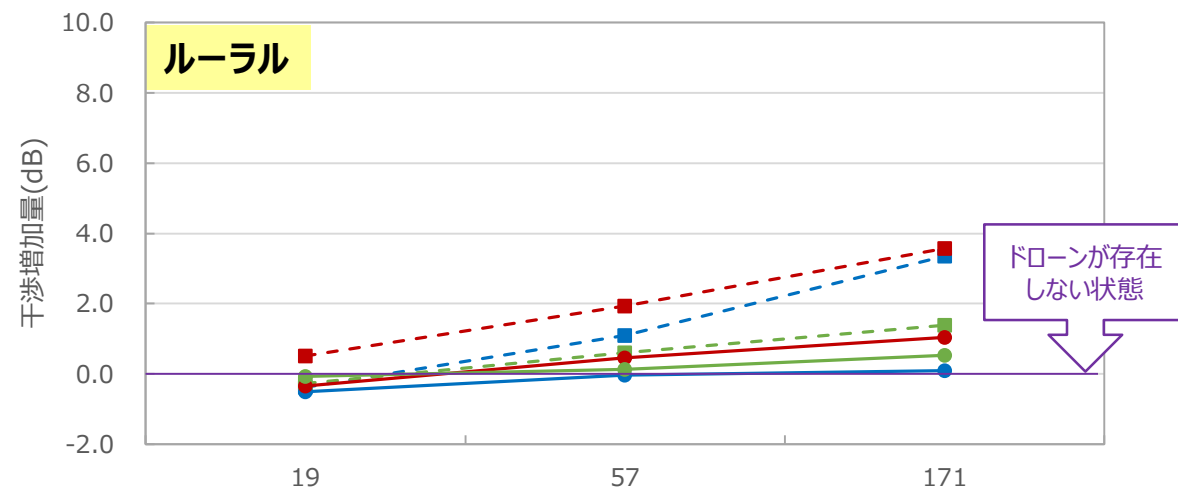
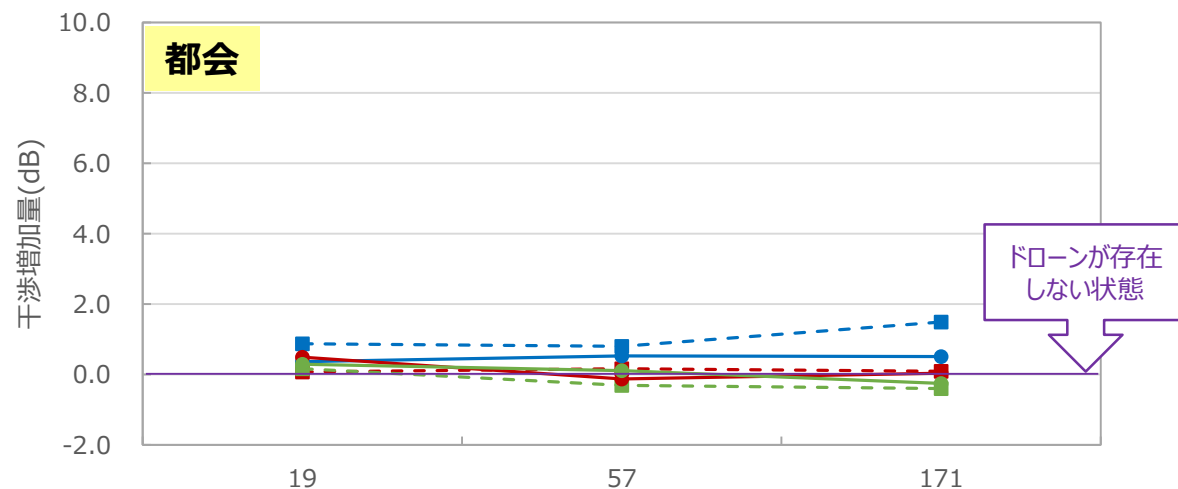
シミュレーション結果 ～2.5GHz帯の場合～

- 上空端末用送信電力制御を適用した場合（下図実線）は、送信電力制御の効果により、干渉増加量が抑えられていることが判る。



シミュレーション結果 ～3.5GHz帯の場合～

- 上空端末用送信電力制御を適用した場合（下図実線）は、送信電力制御の効果により、干渉増加量が抑えられていることが判る。



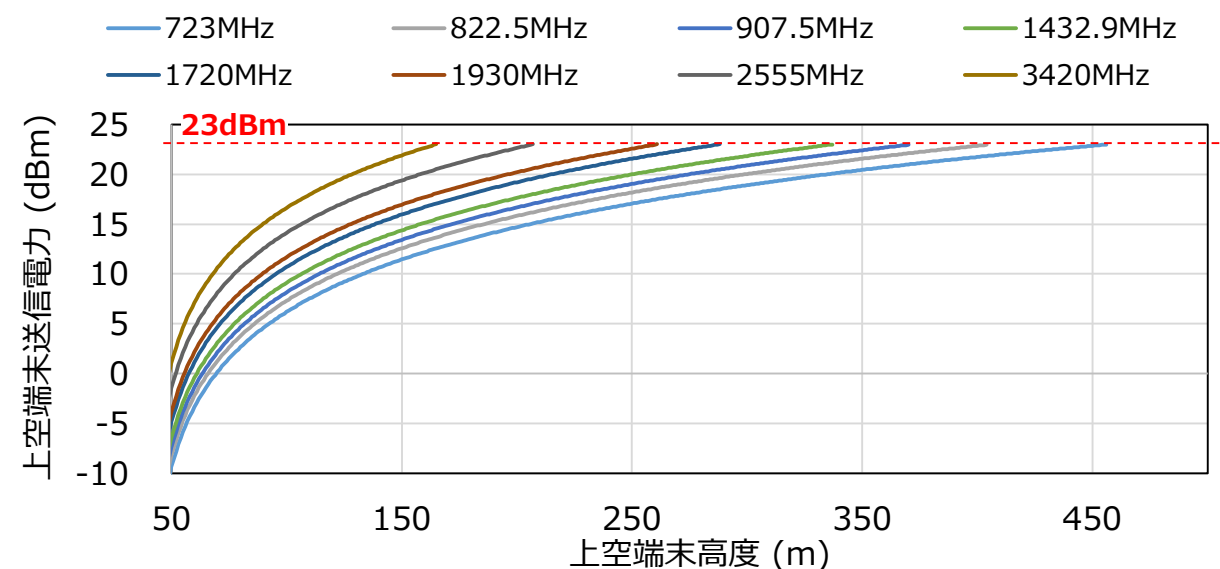
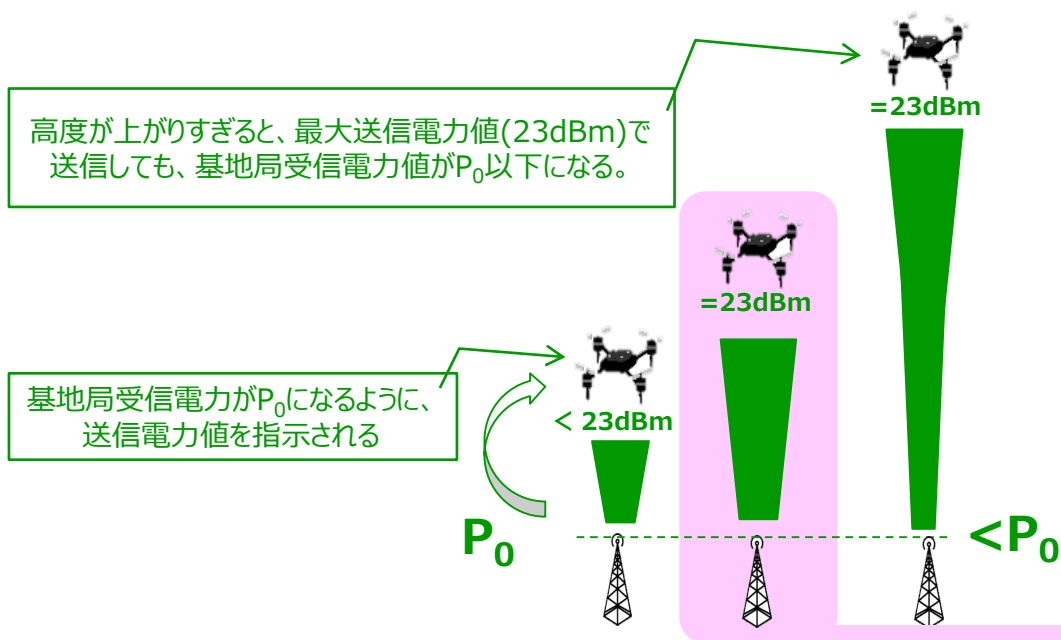
地上携帯電話ネットワークへの影響に関するまとめ

■ 地上携帯電話ネットワーク（LTE） への影響について

- 高度150m超でも、上空端末用送信電力制御の適用により、地上携帯電話ネットワーク（LTE） への干渉影響を回避可能と考えられる。
(同一/隣接他業務への干渉影響、TDD遠方捕捉の観点からの考察は次章以降参照)。

■ 上空における品質の確保について

- 150m超の高度では、上空端末が最大送信電力で送信しても基地局受信電力値が初期値 P_0 ※¹を下回るケースが出てくるため、高度を上げるほど上り回線品質が劣化していく。
- 上空サービス品質と地上への干渉影響回避のトレードオフについて、携帯電話事業者自らが判断を行い、自社における最適な初期値 P_0 を設定することが必要。



$P_0 = -90\text{dBm}$ 時に上空端末送信電力値が上限23dBmになる高度
(自由空間伝搬、基地局高40mで計算)

※1 P_0 は、上空端末の通信の相手先である基地局における受信電力値のことであり、上空端末の送信電力値は、基地局受信電力が常に P_0 になるように送信電力制御が行われる仕組みになっている。

CONTENTS

1. 2019年度総務省技術試験事務における調査検討について
2. 地上携帯電話ネットワークへの影響
- 3. 携帯電話等の同一/隣接帯域等を使用する他の無線システムとの共用検討への影響**
4. 遠方補足問題の検討
5. まとめ

同一/隣接帯域等を使用する他の無線システムとの共用検討の進め方

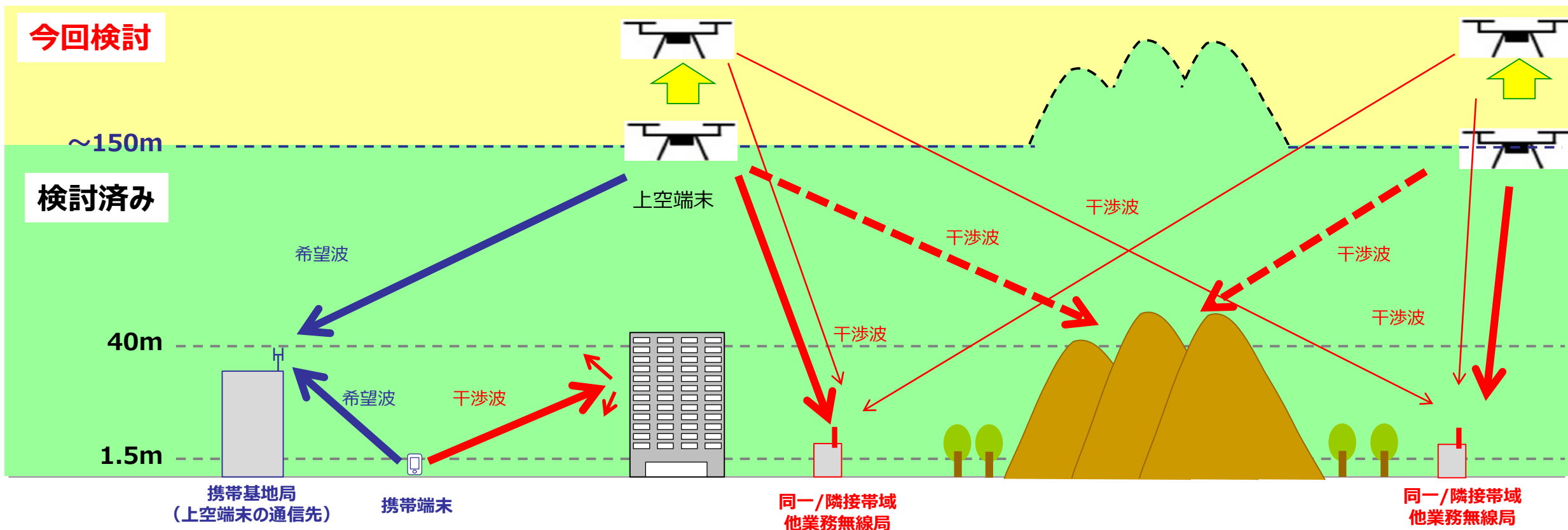
- 2018年度に実施した「150m以下の高度から端末が電波を発射した場合の同一/隣接帯域の無線システムへの干渉影響の調査」※1と同様に、机上検討により、影響度合いを評価する。

#	検討のステップ	検討概要
①	検討の前提条件の整理	150m超の高度での上空利用を踏まえた共用検討の前提条件を整理
②	検討対象業務の抽出	検討対象となる携帯電話上り送信帯域の同一/隣接帯域を使用する他業務の抽出
③	評価モデルを策定	過去の検討状況を踏まえて、今回の適切な評価モデルを考察
④	影響度合いの評価	策定した評価モデルを用いて、影響度合いを評価
⑤	影響回避策の考察	④で影響があると考えられる業務に対して、影響回避策を考察

※1 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 上空利用検討作業班（第2回）資料2-3（ https://www.soumu.go.jp/main_content/000653949.pdf ）及び資料2-4（ https://www.soumu.go.jp/main_content/000653950.pdf ）参照

①検討の前提条件の整理

- 上空端末高度が150m超の場合、見通し範囲が拡大し、被干渉局から“見える”上空端末数が増加する。従って、過去に1対1検討で共用条件を導いた業務についても、上空の複数端末から到来する合計干渉について検討する必要がある。
- 150m以下の高度においては、上空用送信電力制御が適用されていることを条件に、携帯電話の上空利用が認められているため、本検討についても、上空端末には送信電力制御が適用されている前提で検討を行う。
- 本検討全体における前提条件の整合性をとるため、他業務との共用検討においても、前述した3GPPモデル(19セルモデル)を用い、合計干渉を確率計算で評価する。



② 検討対象業務の抽出と過去の共用検討手法の整理

■ 共用検討対象業務は、150m以下の検討において検討対象とした業務と同じ（全てのLTE帯域について評価）

#	携帯端末送信周波数帯	被干渉業務受信周波数帯	過去の共用検討
①	718-748MHz	特定ラジオマイク ～714MHz	平成24(2012)年2月17日答申 携帯電話等周波数有効利用方策委員会“700MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件”
②		TV受信 ～710MHz	
③		ITS(路、車) 755MHz～	
④	815-845MHz	ラジオマイク（特定小電力）～810MHz	平成23(2011)年5月17日答申 携帯電話等周波数有効利用方策委員会“900MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件”
⑤		MCA↓ 850MHz～	平成20(2008)年12月11日答申 携帯電話等周波数有効利用方策委員会“第3世代移動通信システム(IMT-2000)の高度化のための技術的方策”
⑥	900-915MHz	RFID 915MHz～	平成23(2011)年5月17日答申 携帯電話等周波数有効利用方策委員会“900MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件”
⑦	1427.9-1462.9MHz	電波天文 ～1427MHz	平成20(2008)年12月11日答申 携帯電話等周波数有効利用方策委員会“第3世代移動通信システム(IMT-2000)の高度化のための技術的方策”
⑧	1710-1785MHz	気象衛星 ～1710MHz	平成29(2017)年9月27日答申 新世代モバイル通信システム委員会“LTE-Advanced等の高度化に関する技術的条件”
		ラジオゾンデ ～1710MHz	
⑨	1920-1980MHz	PHS移動局※1 ～1915.7MHz	平成20(2008)年12月11日答申 携帯電話等周波数有効利用方策委員会“第3世代移動通信システム(IMT-2000)の高度化のための技術的方策”
⑩	2545-2645MHz	N-STAR↓※2 ～2535MHz	平成22(2010)年12月21日答申 広帯域移動無線アクセスシステム委員会“FWAシステムを除く広帯域移動無線アクセスシステムの高度化に関する技術的条件”
⑪	3400-3600MHz	衛星受信 3400～3600MHz	平成25(2013)年7月24日答申 携帯電話等周波数有効利用方策委員会“第4世代移動通信システム(IMT-Advanced)に関する技術的条件”

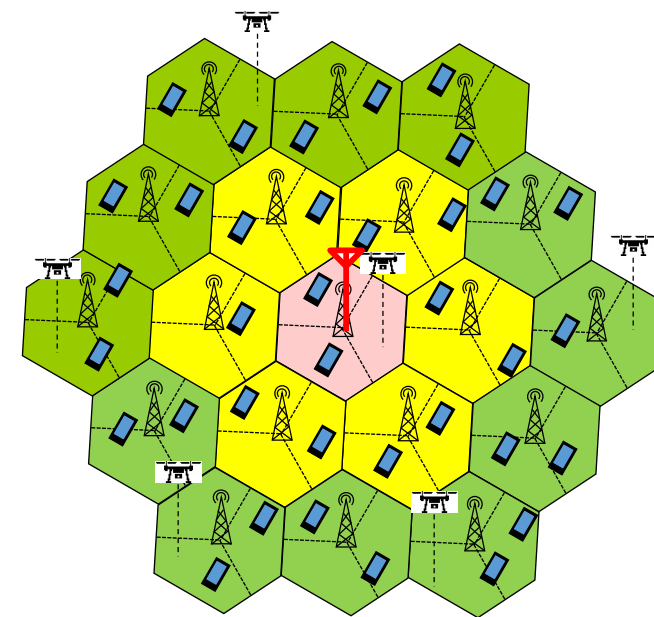
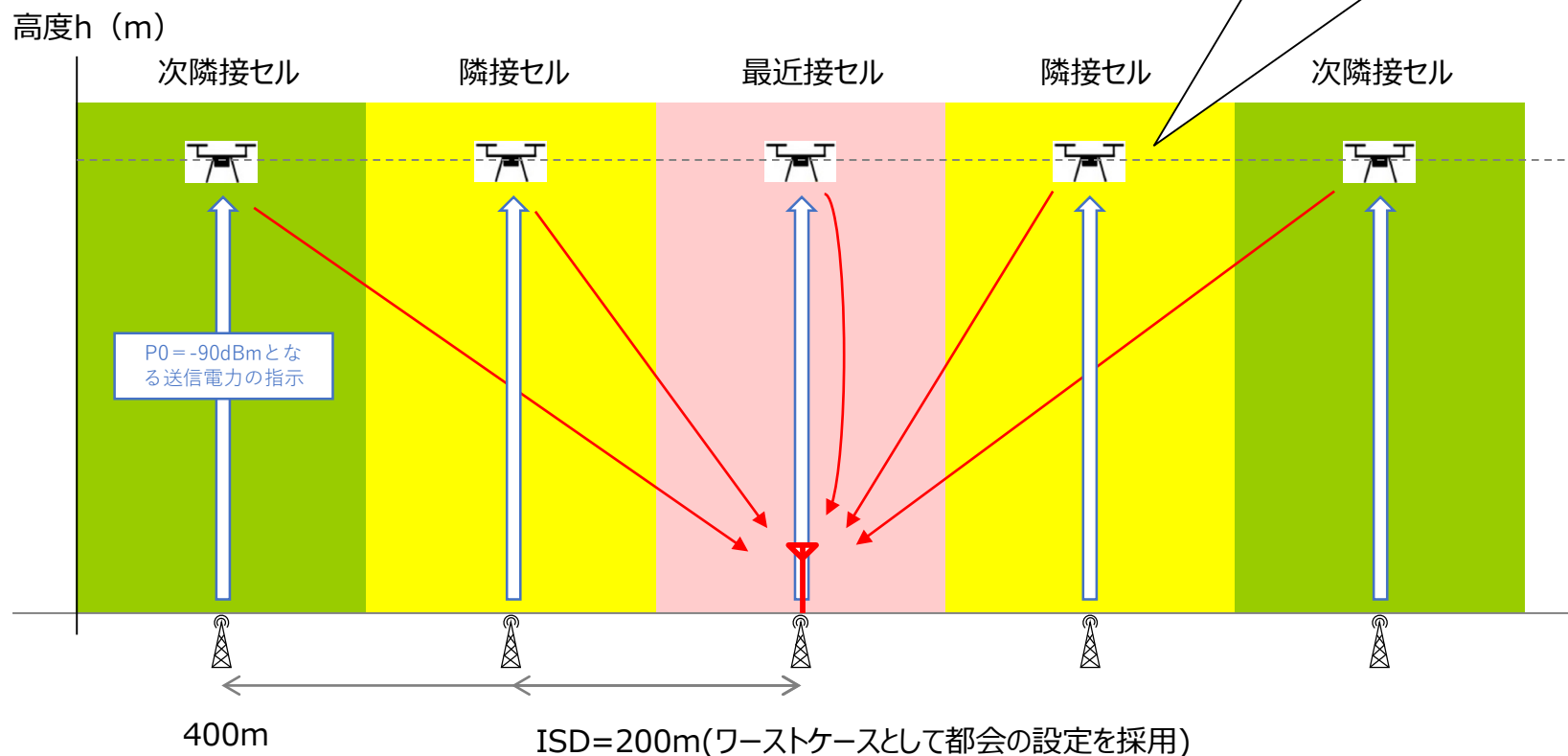
※1 PHS基地局は、過去の情通審にて、38～48dBの所要改善量に対し、PHS基地局への受信フィルタ挿入等により共用可能とされている。上空端末による影響増大量がこの改善量を超えるとは想定できないため、従来通りの対策で影響を回避できるとして省略。
 ※2 人工衛星局受信(2660～2690MHz)については、地表面から上空3,000mからの伝搬距離がほぼ同等(=36,000km)であるため、影響無しとして省略。

③評価モデルの策定（1/2）

■ 以下のモデルで検討を行った。

- 3GPP 19セルモデルにおいて、各セルの真上に全てのリソースブロックを送信する上空端末が1台ずつ存在するモデルとした。
- 被干渉局は、19セルの中心に設置。
- 確率計算に使用する上空端末の送信電力累積分布は、第1章で送信電力制御効果をシミュレーションした際に得られたデータを利用する(すなわち、 $P_0 = -90\text{dBm}$ とした時の上空端末の送信電力累積分布)。
- 上空端末は、各セル内で同一高度の面内で場所をランダムに移動する前提とする。

上空端末は各セル内で、同一高度の面内で場所をランダムに移動する前提



③評価モデルの策定（2/2）

- 全ての同一/隣接帯域業務に対して確率計算における合計干渉での検討を行うが、過去の共用検討において、静的モデルで1対1検討しかしていない等、適切な比較対象となるデータが存在しない業務がある。従って、以下のステップで評価を行うこととした。

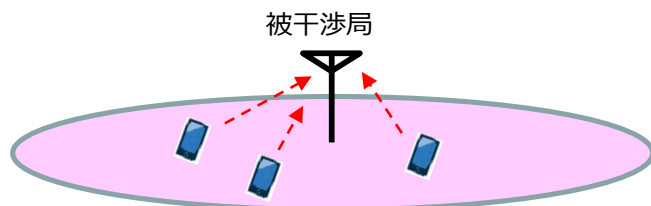
（ア） 同一/隣接帯域が、地上LTE端末送信から受けている干渉量を確率計算※1で算出し、その干渉量を現状での被干渉量と定義する。

（イ） 150m超の上空端末からの合計干渉量を、前述した3GPP 19セルモデルを用いて確率計算※1で算出する。

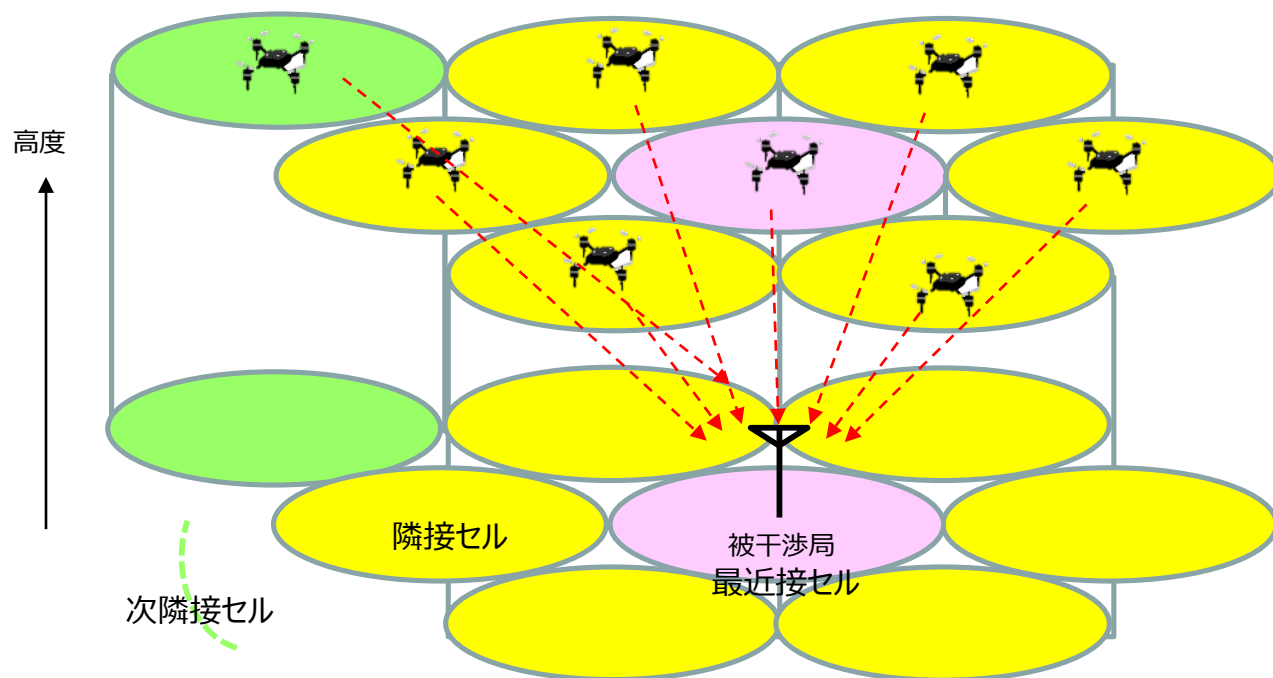
（ウ） （ア）と（イ）の差分を評価することで、現状の地上LTE端末の使用状態と、150m超の上空端末利用状態での影響の差がどの程度になるかを評価する。

※1 干渉量は累積確率分布で97%の値で評価している。また、被干渉業務帯域におけるLTE端末不要輻射レベルは、過去の情通審等で用いられた実力値を採用した。

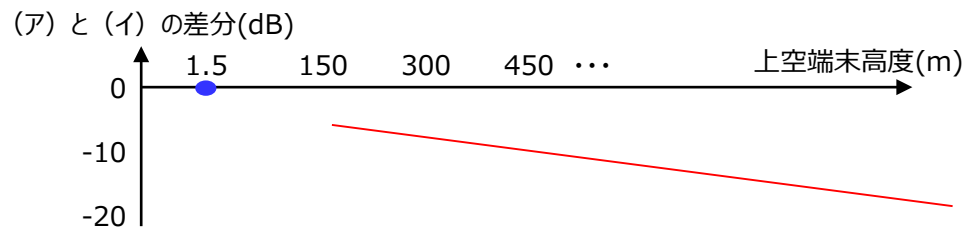
（ア） 被干渉局周囲100m円内に存在する地上LTE端末からの干渉量を確率計算で算出し、これを現状での干渉量と定義する



（イ） 19セルモデルを用いて、上空端末からの合計干渉量を確率計算で算出する



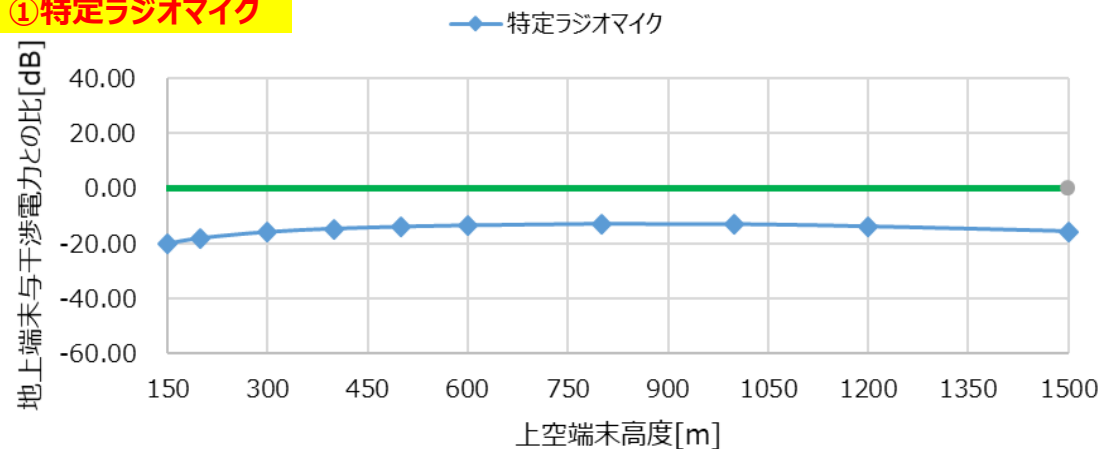
（ウ） （ア）と（イ）の差分を評価



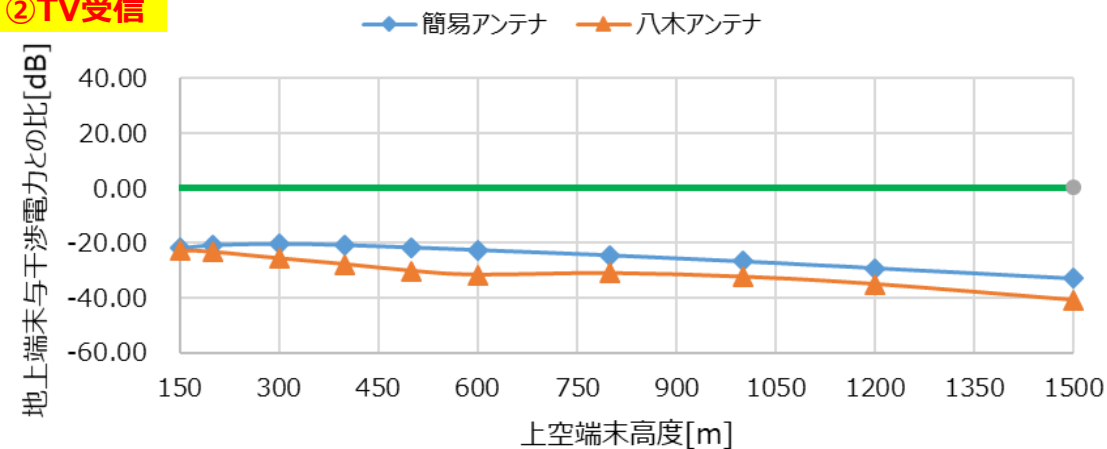
④ 評価結果 (1/3)

- ①特定ラジオマイク、②TV受信、③ITS、④ラジオマイク(特定小電力)については、150m超の上空端末からの合計干渉量は、地上LTE端末からの合計干渉量よりも相当少ないことが判る。

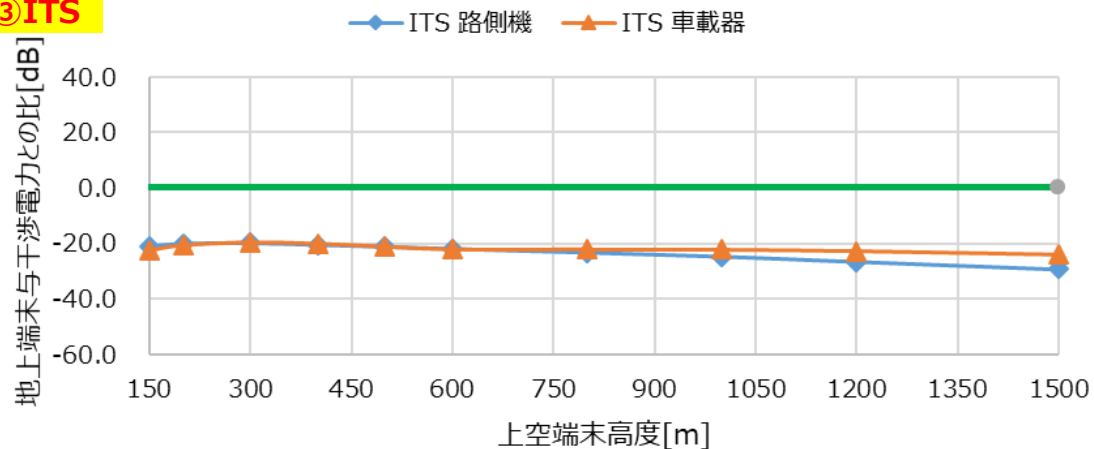
① 特定ラジオマイク



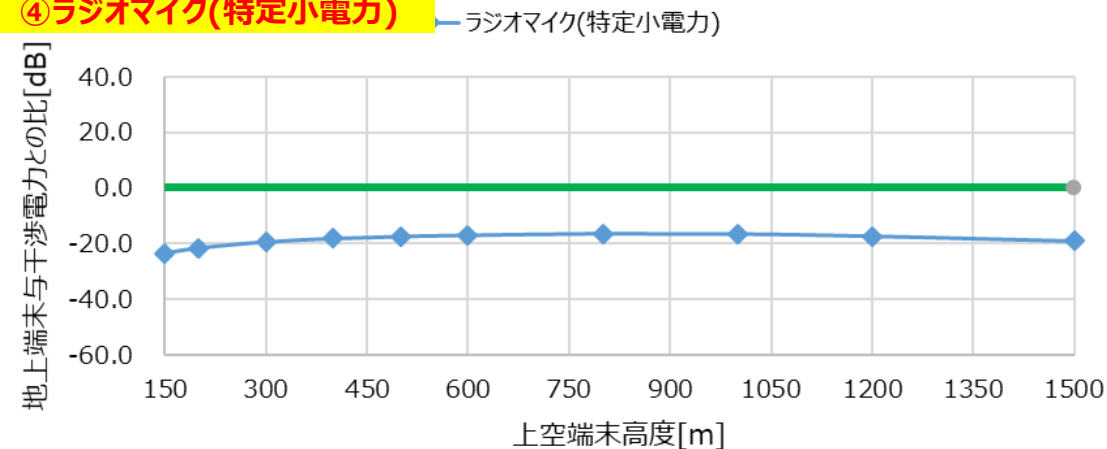
② TV受信



③ ITS

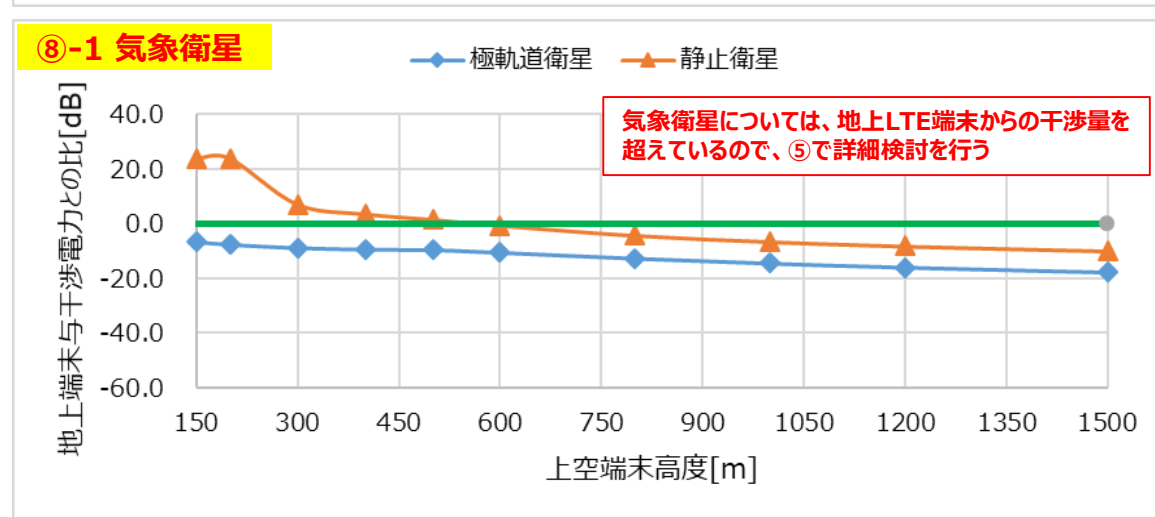
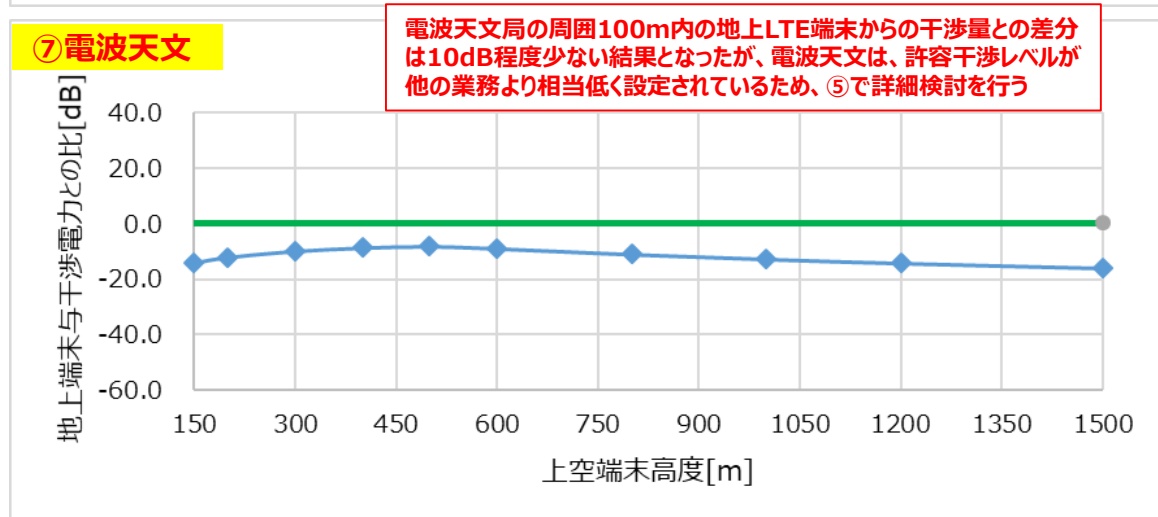
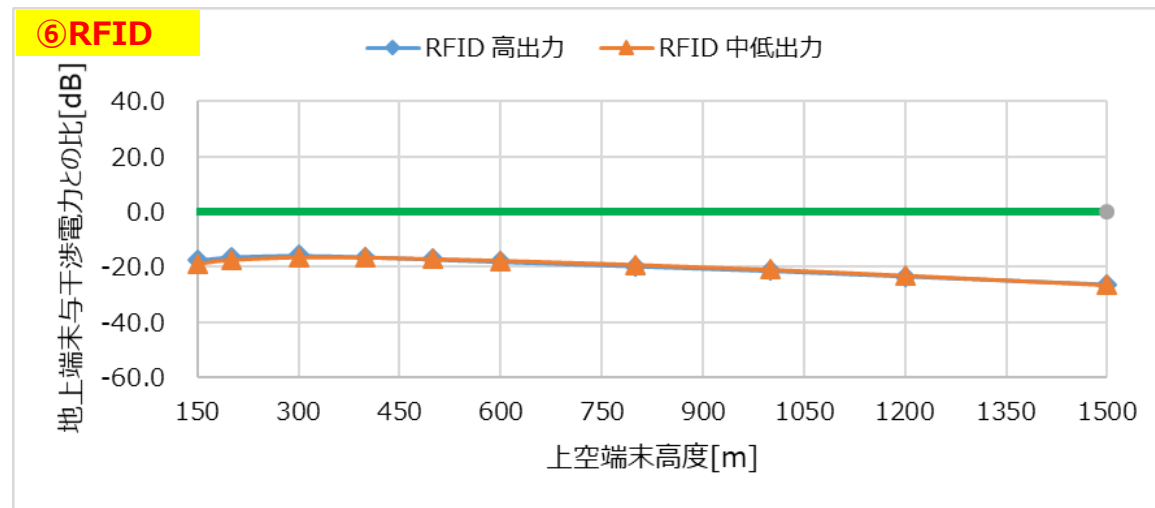
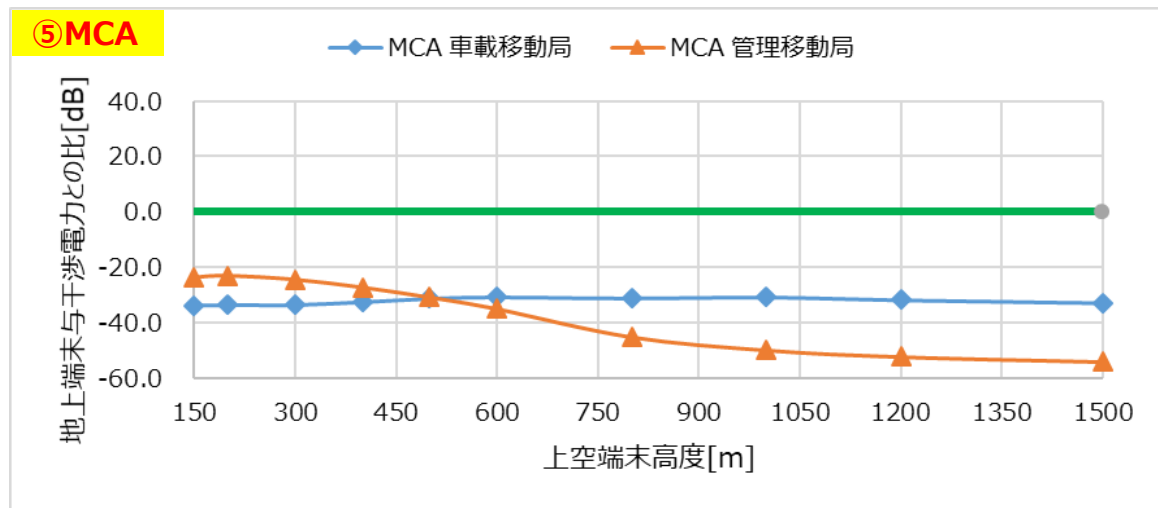


④ ラジオマイク(特定小電力)



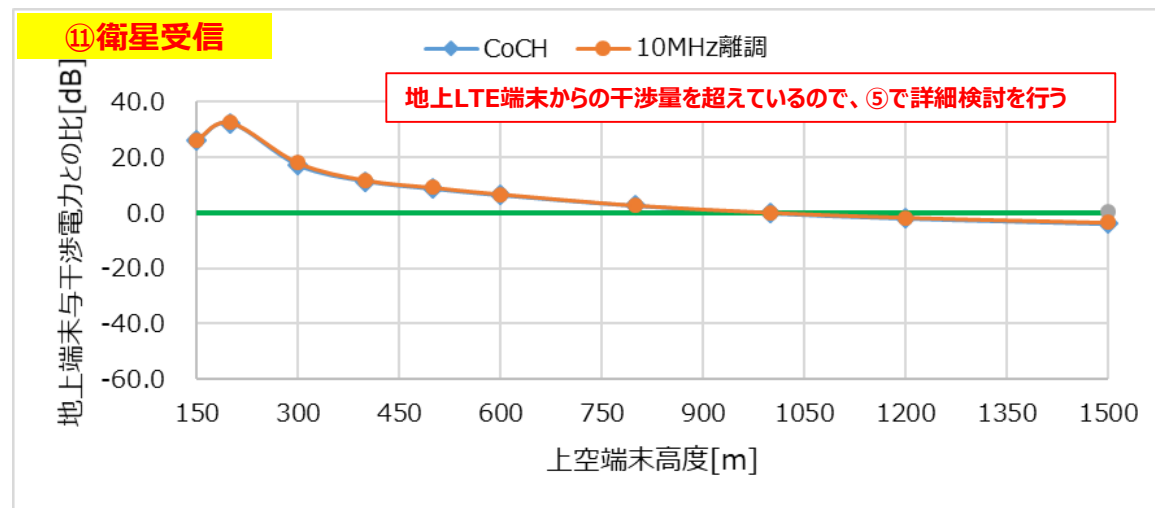
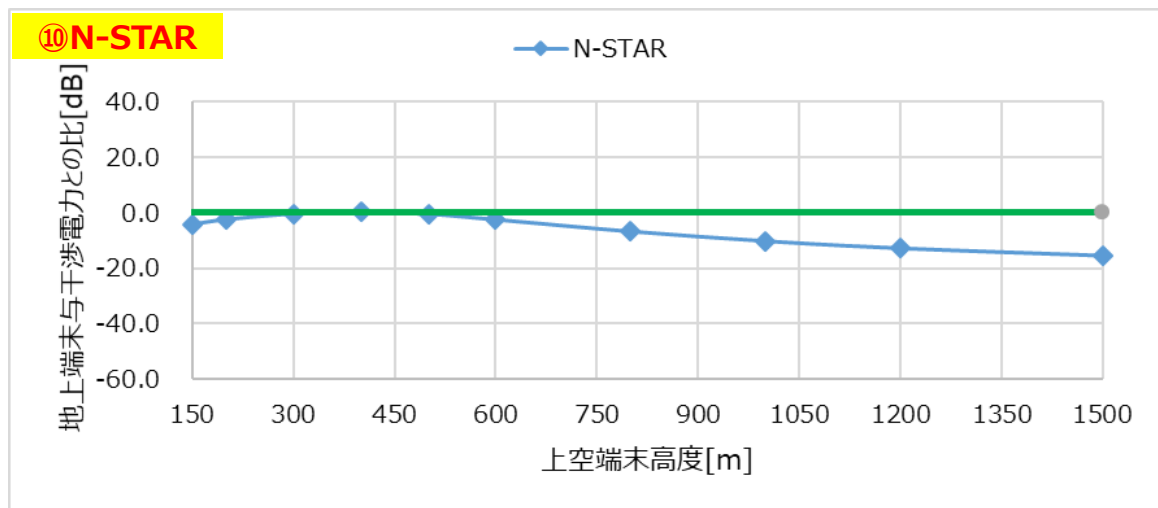
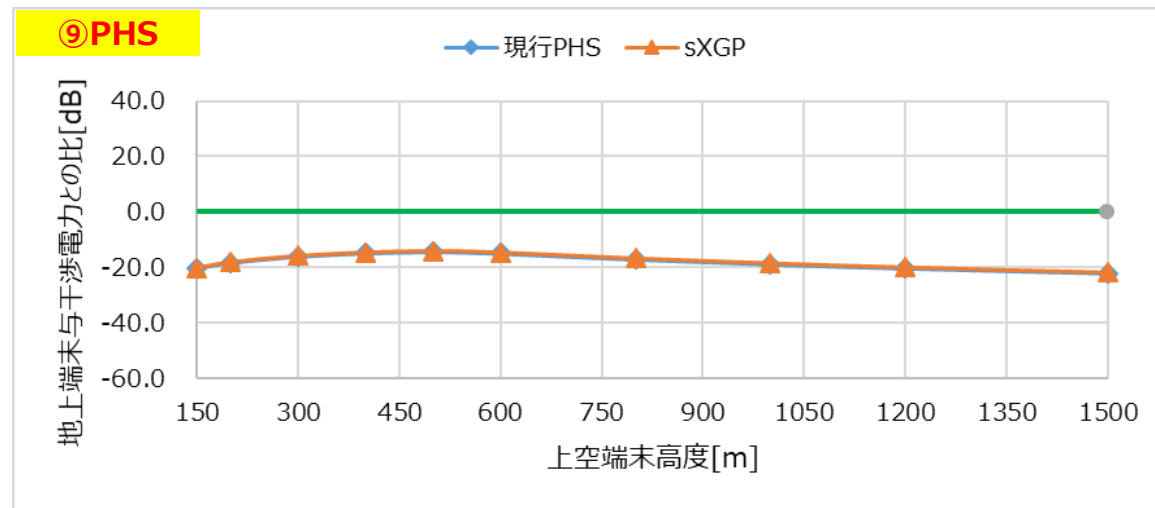
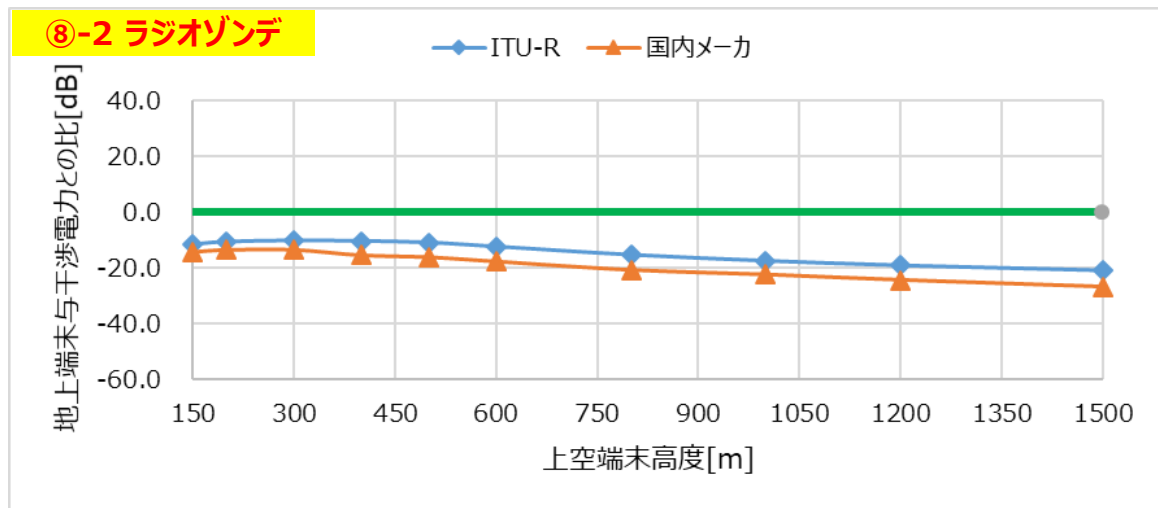
④ 評価結果 (2/3)

- ⑤MCA、⑥RFIDについては、地上LTE端末からの合計干渉量よりも相当少ないことが判る。⑦電波天文、⑧-1気象衛星については、次章で詳細に考察する。



④ 評価結果 (3/3)

- ⑧-2ラジオゾンデ、⑨PHS、⑩N-STARについては、地上LTE端末からの合計干渉量よりも相当少ないか、同程度であることが判る。⑪衛星受信については、次章で詳細に考察する。



⑤ 干渉影響回避方策の検討(1/2) ～電波天文と衛星受信について～

■ 電波天文について

- 電波天文の許容干渉電力値は-188.0dBm/MHzであり、他の隣接帯域の業務よりも相当低い設定となっている。
- 今回の検討では、他業務との共用検討の手法との整合性を取るため、便宜上、電波天文の周囲100m内の地上LTE端末からの干渉量を比較対象としたが、実際には、電波天文局は、広いエリアからの干渉の影響を受ける可能性がある(下図参照)。
- 従って、今回の計算結果に関わらず、18年度の調査検討と同様に、“従来より免許人同士の協議により運用条件を定めており、今後も同様の枠組みで取り扱うことが適切”という共用条件を維持することが適切である。

■ 衛星受信について

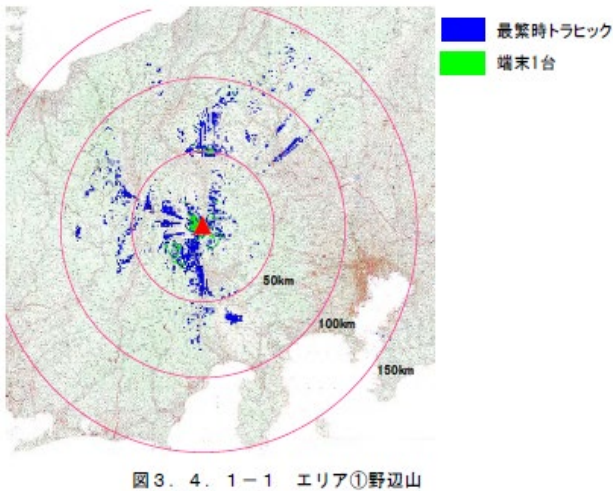
- 衛星受信の許容干渉電力値は-130.9dBm/MHzであり、他の隣接帯域の業務よりも相当低い設定となっている。
- さらに、衛星受信と携帯電話は同一帯域で共用していること、衛星受信局は、上空方向に主ビームが設定されていることから、18年度の調査検討と同様に、“従来より免許人同士の協議により運用条件を定めており、今後も同様の枠組みで取り扱うことが適切”という共用条件を維持することが適切である。

過去の情報通信審議会での共用検討におけるパラメータから算出した許容干渉電力値

隣接業務		許容干渉電力(dBm/MHz)	備考
特定ラジオマイク		-119.8	-129.4dBm/110kHzを1MHzに換算
TV受信	簡易アンテナ	-113.8	
	八木アンテナ		
ITS	路側	-119.6	
	車載	-104.6	
ラジオマイク(特定小電力)		-66.8	D/U=40dB 屋外モデルの-76.4dBm/110kHzを1MHzに換算
MCA	車載	-105.8	-123.8dBm/16kHzを1MHzに換算
	管理移動		
RFID	高出力	-92.2	-86dBm/4.2MHzを1MHzに換算
	中低出力		
電波天文		-188.0	
気象衛星	極軌道衛星	-125.2	-118.7dBm/4.5MHzを1MHzに換算
	静止衛星	-118.6	-115.4dBm/2.1MHzを1MHzに換算
ラジオゾンデ	ITU-R	-106.4	-105.3dBm/1.3MHzを1MHzに換算
	国内メーカ	-113.9	-108.5dBm/3.5MHzを1MHzに換算
PHS	現行PHS	-124.7	-130dBm/300kHzを1MHzに換算
	sXGP	-110.8	情通審陸上無線通信委員会報告(案)より引用※1
N-STAR		-124.9	
衛星受信		-130.9	I/N=-12.2dB

※1 令和2(2020)年3月10日 情通審陸上無線通信委員会報告(案) P51 参表2-5 sXGPの受信特性

過去の情報通信審議会での電波天文と地上携帯電話端末との共用検討結果例※1

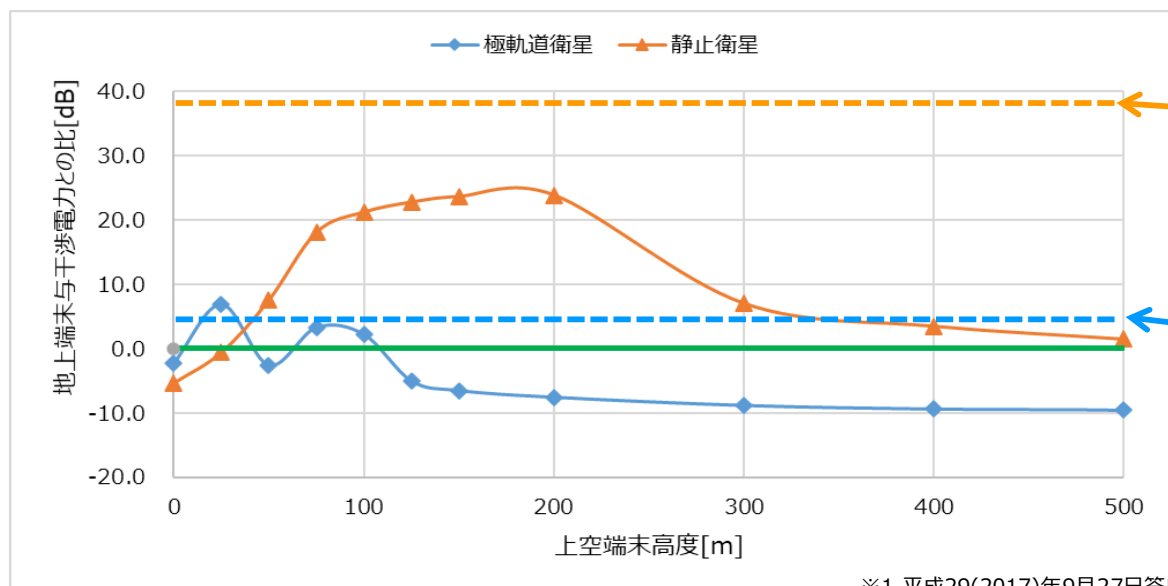


※1 平成20(2008)年12月11日答申 携帯電話等周波数有効利用方策委員会“第3世代移动通信システム(IMT-2000)の高度化のための技術的方策”

⑤ 干渉影響回避方策の検討(2/2) ～気象衛星について～

■ 気象衛星について

- 気象衛星は、上空LTE端末が300m以下程度の高度の場合に、地上LTE端末からの干渉量よりも大きな干渉を受ける場合があるという結果になった。
 - 気象衛星地上局は、上空方向に主ビームを向けているため、上空LTE端末の高度によっては、地上よりも影響を受けやすくなるためと考えられる。
 - また、今回の検討では、上空LTE端末の与干渉量は、次隣接、次々隣接セルの影響を加味しているが、比較対象としている地上LTE端末については、最近接セルのみを対象としていることに留意が必要である。
- 一方、過去の情報通信審議会※1において、気象衛星と地上LTE端末(周囲100m)との間で確率計算による共用検討が実施されており、地上LTE端末からの合計干渉に対して、静止衛星地上局では39.0dB、極軌道衛星地上局では4.7dBのマーヅンがあるという結果になっている。
 - これを考慮すれば、静止衛星地上局については、最大23.8dB超過なので、マーヅンの範囲内と考えられる。
 - 一方、極軌道衛星地上局については、ほとんどの高度で地上LTE端末からの影響を下回るが、高度25mの時にだけ2dB程度、マーヅンを超過する場合がある。
 - 今回の検討では、上述のように、上空LTE端末の与干渉量を多めに見積もっているため、現実的にはマーヅンを超えるとは想定しづらいが、免許人同士での運用調整などを実施することが適切と考えられる。



地上LTE端末からの干渉量は、静止衛星地上局の許容干渉量に対して39.0dBのマーヅンがあるので、マーヅンを加味した場合の閾値

地上LTE端末からの干渉量は、極軌道衛星地上局の許容干渉量に対して4.7dBのマーヅンがあるので、マーヅンを加味した場合の閾値

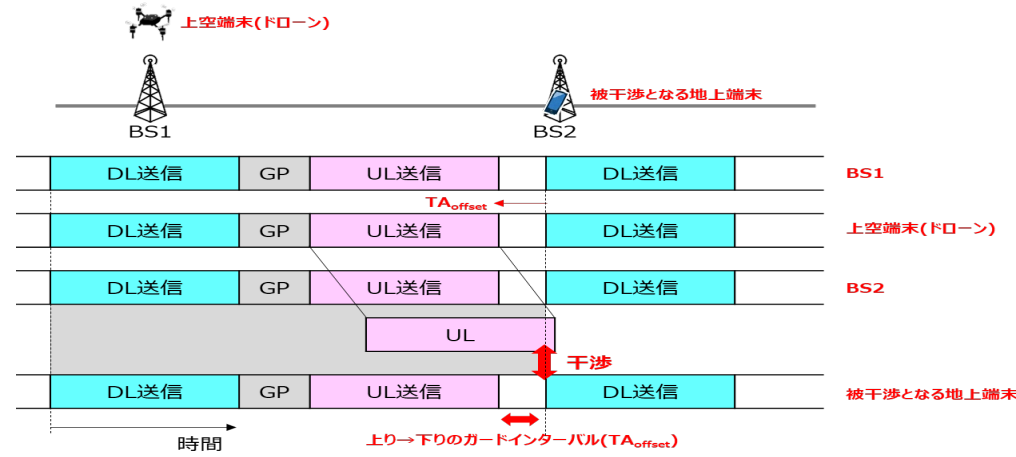
※1 平成29(2017)年9月27日答申 新世代モバイル通信システム委員会“LTE-Advanced等の高度化に関する技術的条件”

CONTENTS

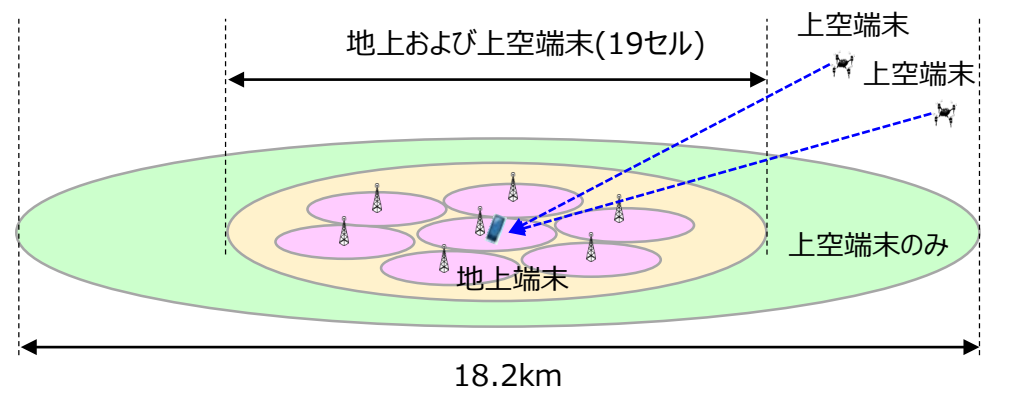
1. 2019年度総務省技術試験事務における調査検討について
2. 地上携帯電話ネットワークへの影響
3. 携帯電話等の同一/隣接帯域等を使用する他の無線システムとの共用検討への影響
- 4. 遠方補足問題の検討**
5. まとめ

評価方法について

■ 遠方捕捉問題については、以下の評価モデルで検討を行った（シミュレーション条件は、周波数帯と上空端末の配置以外は2章と同じ）。



- <評価モデル>
- 遠方の上空端末からの上り遅延波が地上端末の下りリンクに及ぼす影響を下图モデルで評価。
 - 中央の19セルに上空端末と地上端末を配置(18年度モデルと同一条件)。
 - 上空端末を19セルの外側に配置(直径18.2km)し、上空端末→地上端末への干渉を評価。



パラメータ			値	
セルレイアウト			19セル正規配置モデル、3セクタ構成(P.4右下図参照)	
周波数			2.5GHz、3.5GHz帯	
基地局	帯域幅		20MHz	
	送信電力		80W	
	局間距離(ISD)		200m(都会)、500m(地方都市)、1732m(ルーラル)	
	アンテナ高		40m	
	アンテナ利得		17dBi	
	アンテナチルト角		23度(都会)、11度(地方都市)、6度(ルーラル)	
端末	端末合計台数		855台(=45台/セル×19セル)	
	上空端末台数※1		1~171台	
	高度	地上端末	1.5m	
		上空端末※2	3 m、30m、75m、150m、500m、1,000m、1,500m	
	最大送信電力		200mW	
送信電力制御※3 (P.4右上図参照)			地上端末:従来の送信電力制御 上空端末:3GPPリリース15準拠	
トラフィックモデル			FTP model 3※4	
伝搬損失モデル※5	地上向け		3GPPモデル：UMa(都市部)、UMa(地方都市)、RMa(ルーラル)	
	上空向け	150m以下	3GPPモデル：UMa-AV(都市部)、UMa-AV(地方都市)、RMa-AV(ルーラル)	
		150m超	自由空間伝搬	

※1 地上端末と上空端末合計855台が19セル全体にランダムに配置される前提とし、855台の一部(19台、57台、171台の3ケース)がドローンに搭載される条件で評価した。19セルの外側に配置する上空端末の数は19セル内と単位面積当たりの端末密度が同じになるように設定した。

※2 全ての上空端末が同一高度にあるものとして評価を行った。

※3 送信電力制御パラメータP0は、地上端末は従来の送信電力制御、リリース15とともに-80dBmとし、上空端末は従来の送信電力制御では地上端末と同じ-80dBm、リリース15では地上より10dB低い-90dBmとした。

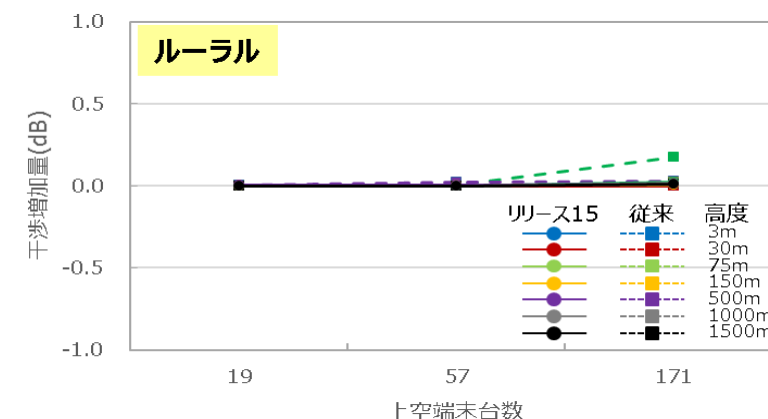
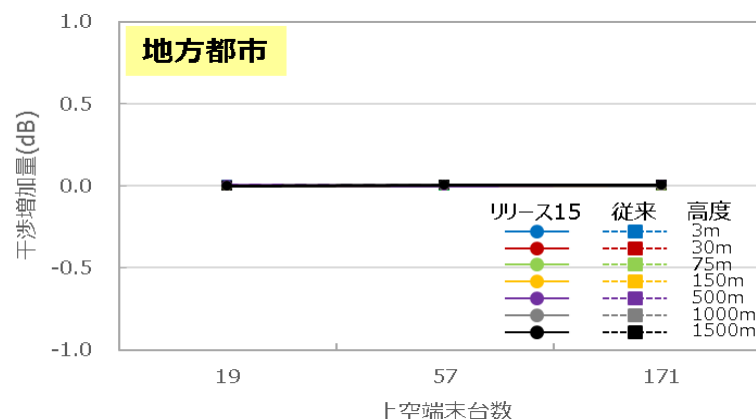
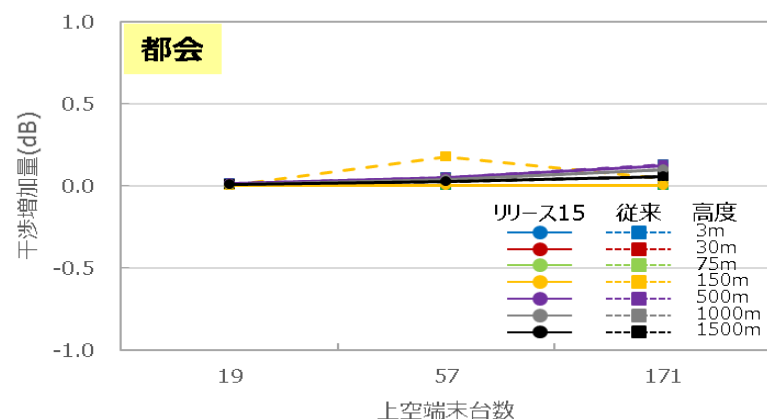
※4 3GPPで性能評価時に用いるトラフィックモデル(参考文献:3GPP TR 36.872)

※5 3GPPで端末性能評価時に使用する伝搬損失モデル(参考文献:3GPP TR 36.901(地上端末)、TR 36.777(上空端末))

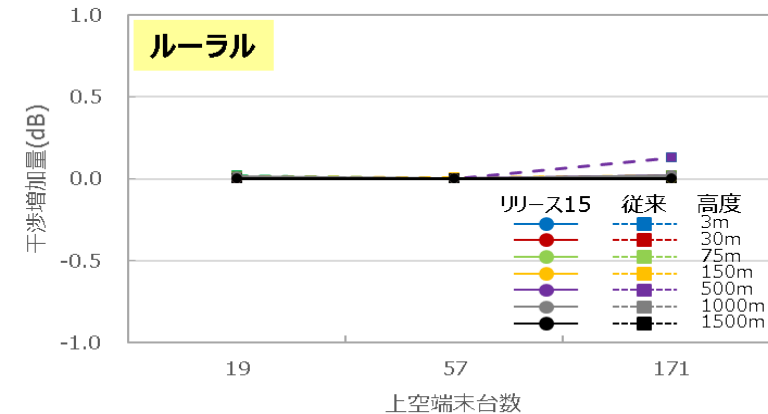
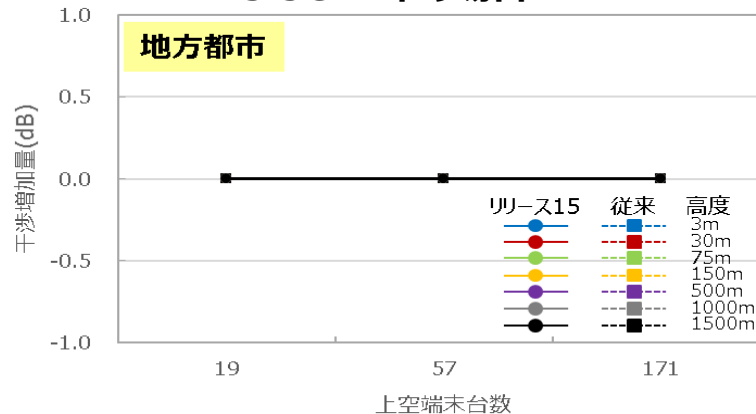
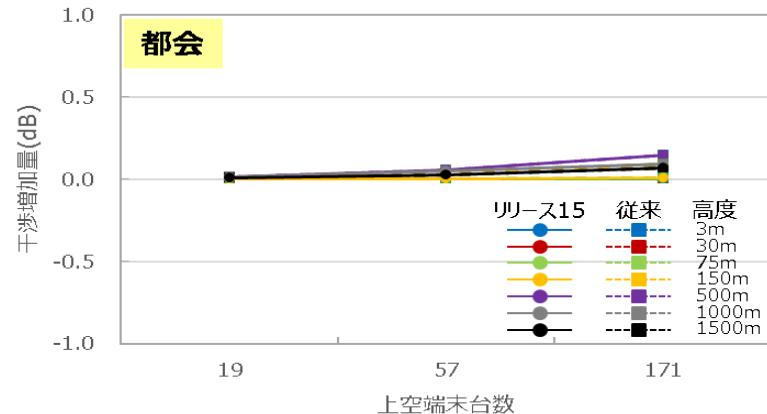
評価結果

- 従来の送信電力制御の場合、ルーラル地域において若干干渉量が増加するケースがあることがわかる（2.5GHz帯：都会150m、ルーラル75mなど）。
 - 一方、3GPP リリース15の送信電力制御機能を適用した場合は、いずれのケースでも干渉増加量を抑制できている。
- ⇒ 従って、上空端末用送信電力制御を適用することを技術的条件とすれば、遠方捕捉問題に起因する干渉影響は回避できると考えられる。

2.5GHz帯の場合



3.5GHz帯の場合



CONTENTS

1. 2019年度総務省技術試験事務における調査検討について
2. 地上携帯電話ネットワークへの影響
3. 携帯電話等の同一/隣接帯域等を使用する他の無線システムとの共用検討への影響
4. 遠方補足問題の検討
5. まとめ

まとめ

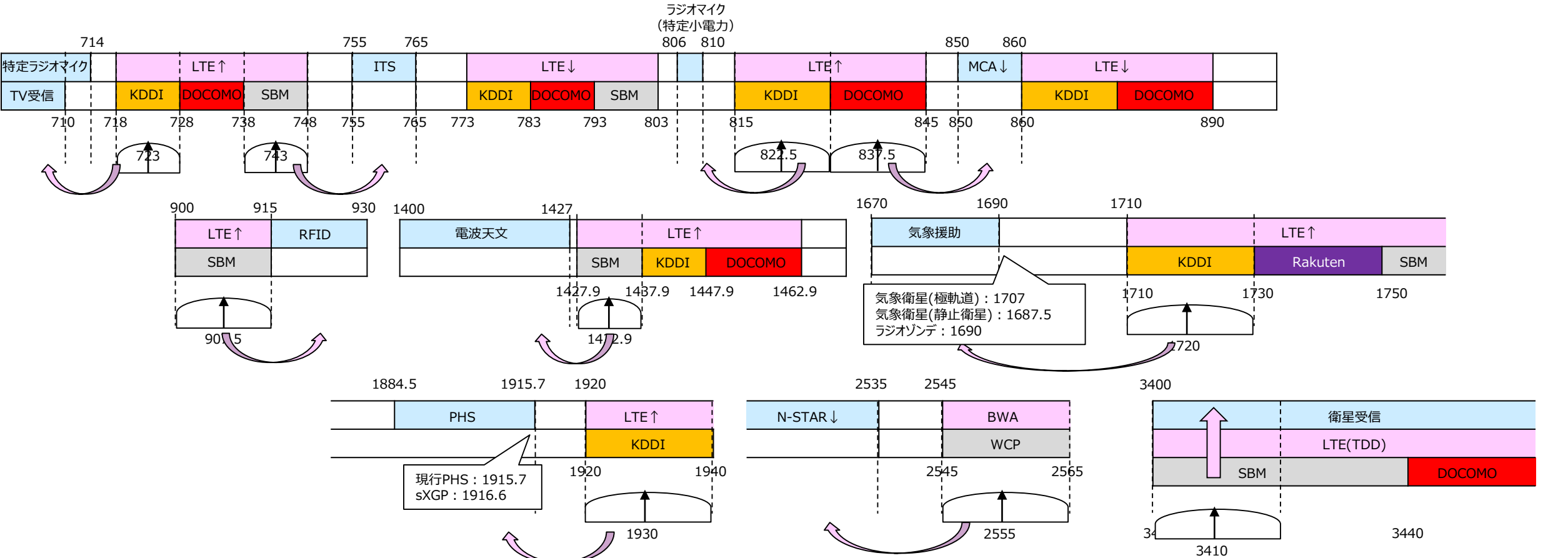
- 今回の調査検討により、150m超での（LTEの）上空利用に関して以下の検討結果を得た。
 - **上空用送信電力制御の効果について**
 - 地点、上空端末台数、上空端末送信電力初期値 P_0 について、携帯電話事業者が自らの判断で適切な管理を行うという現状の前提を維持したうえで、上空用送信電力制御を適用すれば、150m超の上空利用についても、大きな問題は発生しないことがわかった。
 - **隣接他業務への干渉影響について**
 - 電波天文(1.5GHz帯)、衛星受信(3.4GHz帯、3.5GHz帯)については、従来どおり慎重な対応を継続することが望ましい。
 - 気象衛星・極軌道衛星地上局(1.7GHz帯)については、ほとんどの高度で地上LTE端末からの影響を下回るが、高度25mの時にだけ2dB程度、マージンを超過する場合があるため、何らかの対応が必要となると考えられる。
 - 一方、他の同一/隣接他業務については、150m超に高度を上げたことによる大きな干渉量増加は発生しないと考えられる。
 - **TDD遠方捕捉問題について**
 - シミュレーションによる定量的な評価を行ったところ、150m以下を含め、TDD遠方捕捉に起因する干渉影響はごくわずかであることがわかった。
- 以上の検討結果を踏まえると、**150m超を含む上空における携帯電話等（LTE）の利用に関する技術的条件**については、以下のように考えられる。
 - **上空で利用可能な周波数を制限※1**
800MHz帯、900MHz帯、1.7GHz帯※2、2GHz帯、2.5GHz帯(追加)
 - **上空で利用される移動局は上空利用に最適な送信電力制御機能を有すること(従来どおり)**

※ 1 700MHz帯については、今回の調査検討により150m超については影響が少ないことがわかったが、2018年度検討で明らかになったように150m以下からの影響が存在するので、低い高度での干渉影響が回避される方策が見つかるまでは、実用化試験局制度のもので慎重に運用することが望ましい。

※ 2 極軌道衛星地上局について免許人同士で調整が必要。

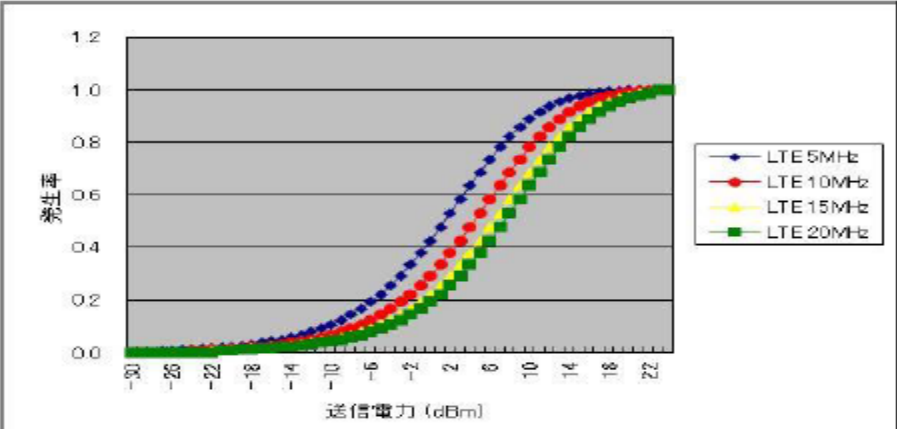
(参考) 他業務との共用検討 ～共用検討周波数帯～

項目	対特定 ラジオマイク	対TV受信	対ITS (路、車)	対ラジオマイク (特定小電力)	対MCA 移動局	対RFID	対電波天文	対気象衛星	対ラジオゾンデ	対PHS 移動局	対N-STAR 移動局	対衛星受信
上空移動局送信周波数 (MHz)	723	723	743	822.5	837.5	907.5	1432.9	1720	1720	1930	2555	3410
上空移動局送信帯域幅 (MHz)	10			15			10	20				



(参考) 他業務との共用検討 ～共用検討パラメータ (端末送信①) ～

項目		対特定 ラジオマイク	対TV受信	対ITS (路、車)	対ラジオマイク (特定小電力)	対MCA 移動局	対RFID	対電波天文	対気象衛星	対ラジオゾンデ	対PHS 移動局	対N-STAR 移動局	対衛星受信
送信周波数(MHz)		723	723	743	822.5	837.5	907.5	1432.9	1720	1720	1930	2555	3410
送信帯域幅(MHz)		10			15			10	20				
送信台数 (台)	地上端末	13台/半径100m内※1			20台/半径100m内※1			13台/半径100m 内※1	4台/半径100m内※2		26台/半径100m内※1		
	上空端末	1台/セル×19セル※3											
送信電力等	地上端末 & 上空端末	送信電力:23dBm / 空中線利得：0dBi / 給電線損失：0dB / アンテナ指向性：オムニ											
隣接業務帯 域への不要輻 射レベル	地上端末 & 上空端末	端末実力値を使用⇒次頁参照											
確率計算での 設定等	地上端末	送信高：1.5m / 人体吸収損：8dB / 保護エリア設定： RFIDのみ75mの保護エリア設定※4 / 送信電力分布：下図参照 /											
	上空端末	送信高：150-500m(全端末同一高度) / 人体吸収損：なし / 送信電力分布：上空用送信電力制御効果SIMで得られた上空端末送信電力分布を採用⇒次々頁参照											



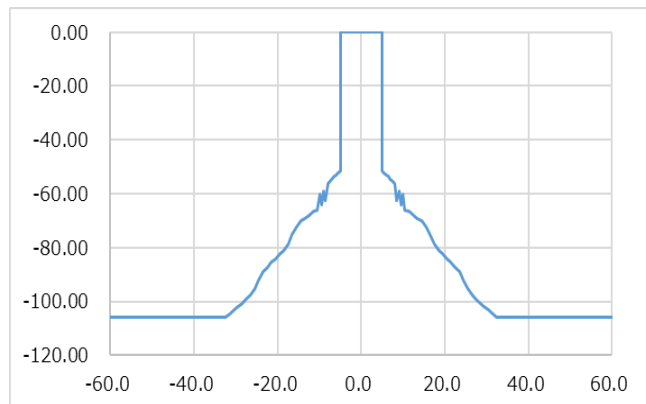
※1 過去の情通審においてモンテカルロシミュレーションで使用しているトラフィック密度より算出。都市部トラフィックとして、10MHz送信の場合は13台、15MHz送信の場合は20台、20MHz送信の場合は26台。
※2 過去の情通審(平成29(2017)年9月27日答申“LTE-Advanced等の高度化に関する技術的条件”)において、サブアーバントラフィックでモンテカルロシミュレーションを実施しているため、その値を採用。
※3 LTE端末は同一セル内では、複数の端末が同時に同じSubキャリアで送信しないため、1台/セルで計算。
※4 平成23(2011)年5月17日答申“900MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件”

(参考) 他業務との共用検討 ～共用検討パラメータ (端末送信②)～

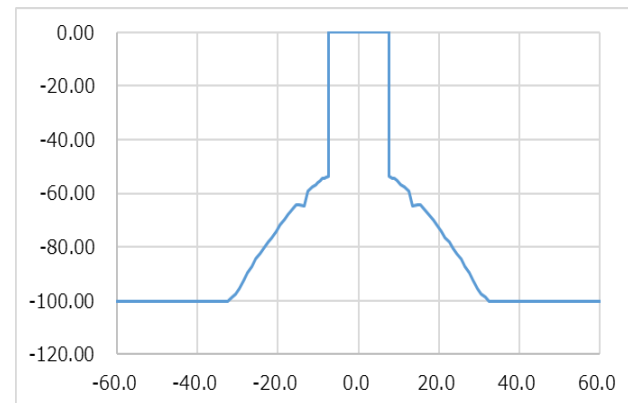
■ 端末送信スプリアスの実力値については、過去の情報通信審議会や総務省技術試験事務で用いられているデータ※1、2を引用し、周波数帯や送信幅が同等のものに流用した。

※1 令和元年度技術試験事務 0049-0079 “2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に伴って開設される無線局と新規無線システムとの周波数共用に関する調査報告書” P.107 参考8

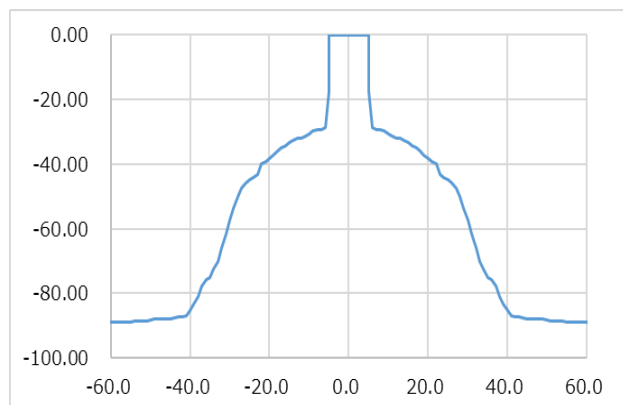
※2 平成29(2017)年9月27日答申“LTE-Advanced等の高度化に関する技術的条件”



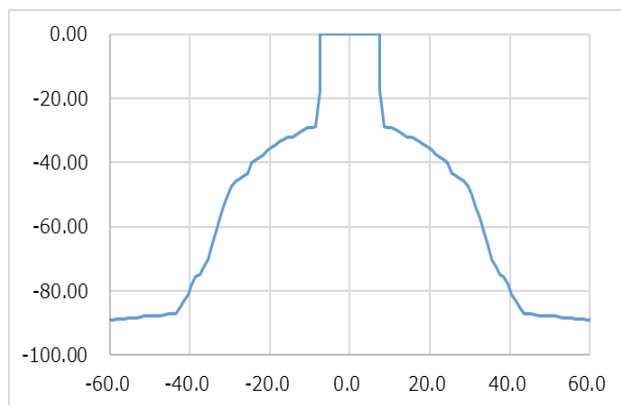
700MHz帯10MHz送信時の端末スプリアス実力値



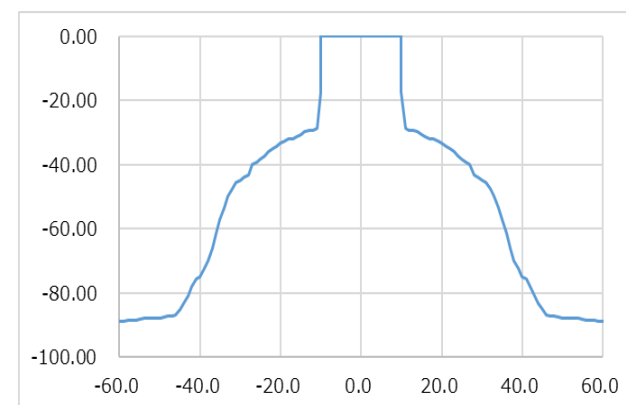
800/900MHz帯15MHz送信時の端末スプリアス実力値



1.5/1.7GHz帯10MHz送信時の端末スプリアス実力値



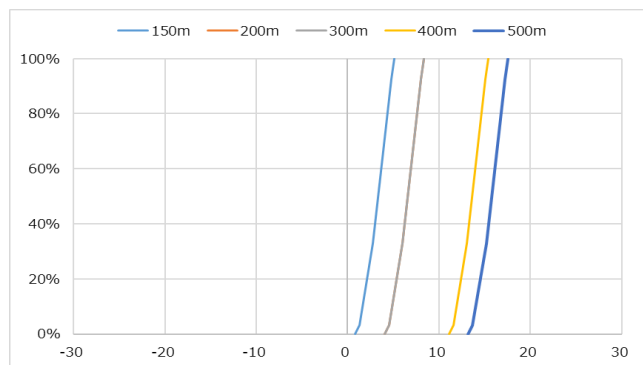
1.7GHz帯15MHz送信時の端末スプリアス実力値



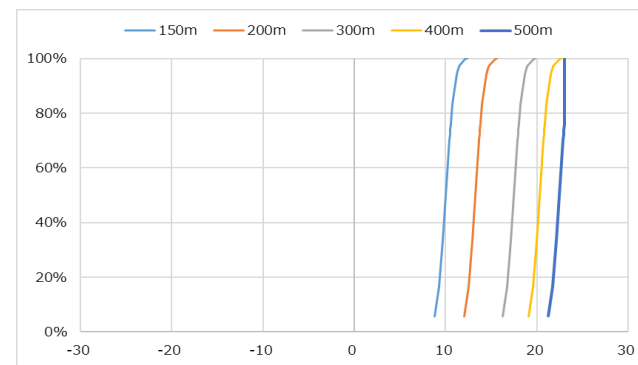
1.7/2/2.5/3.4GHz帯20MHz送信時の端末スプリアス実力値

（参考）他業務との共用検討 ～共用検討パラメータ（端末送信③）～

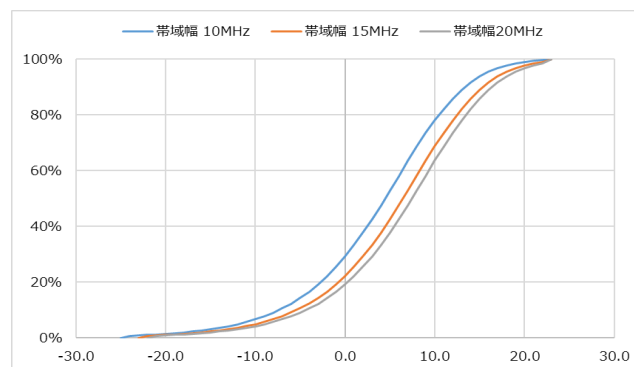
- 上空端末に関するモンテカルロシミュレーションにおいて用いる送信電力分布データは、上空用送信電力制御効果を確認するためのシステムレベルSIMにおいて得られた電力分布データを基に作成した※1。
 - 当該データは、システムレベルSIMにおいて上空用送信電力を適用した時の送信電力分布を表しているため、上空送信電力制御効果を見込んだ合計干渉量を推定することができる。
- ※1 システムレベルSIMは、限られた周波数帯、高度での計算しか実施していないため、800MHz帯、2GHz帯、高度500mのSIMで得られたデータをFSPLを前提に500m以下の高度にシフトして送信電力分布データを作成した。



上空端末のモンテカルロシミュレーションに使用した端末送信電力分布
(700MHz/800MHz/900MHz帯における検討に使用)



上空端末のモンテカルロシミュレーションに使用した端末送信電力分布
(1.5GHz/1.7GHz/2GHz/2.5GHz/3.4GHz帯における検討に使用)



地上端末のモンテカルロシミュレーションに使用した端末送信電力分布
(過去の情報通信審議会で用いているデータをそのまま使用)

(参考) 他業務との共用検討 ～共用検討パラメータ（基地局受信）～

項目	対特定 ラジオマイク	対TV受信	対ITS (路、車)	対ラジオマイク (特定小電力)	対MCA 移動局	対RFID	対電波天文	対気象衛星	対ラジオゾンデ	対PHS 移動局	対N-STAR 移動局	対衛星受信
基地局受信周波数 (MHz)	723	723	743	822.5	837.5	907.5	1432.9	1720	1720	1930	2555	3410
基地局受信帯域幅 (MHz)	10			15			10	20				
最大空中線利得(dBi)	14						17					
垂直方向減衰量(dB)	40											
天長方向空中線利得(dBi)	-26						-23					
給電損(dB)	5											
空中線高(m)	40											

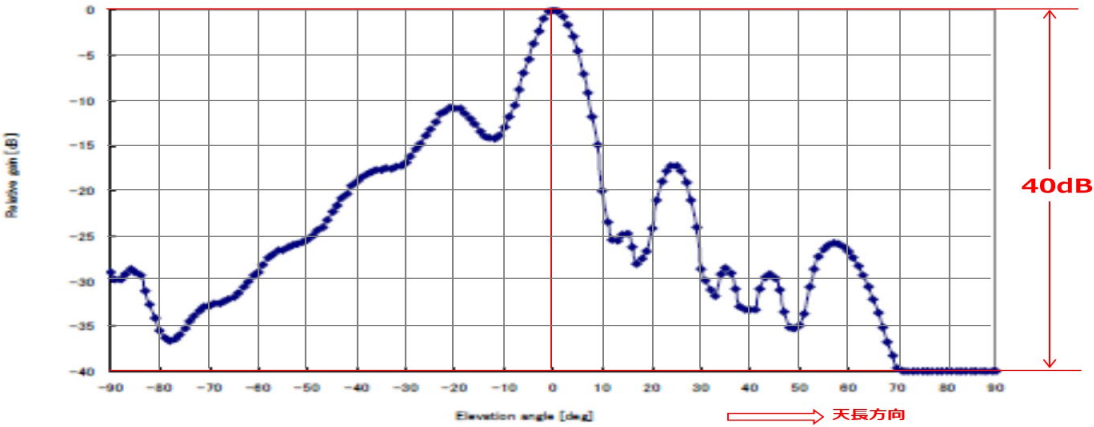


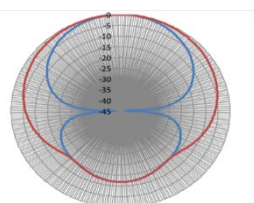
図 2. 2. 1-2 基地局の送受信アンテナパターン（垂直面）
 （携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告（平成18年12月21日）の図3. 2-2に基づきシミュレーションを用いて仰角10度以上に拡張）

(参考) 他業務との共用検討 ～共用検討パラメータ (被干渉局)～

被干渉業務	許容干渉電力 (dBm/MHz) ^{※1}	評価周波数(MHz) ^{※2}	受信アンテナ利得 (dBi)	給電損 人体吸収損等 (dB)	アンテナパターン	受信高 (m)	仰角 (度)	備考
特定ラジオマイク	-119.8	714	2.14	15	無指向性	4		-129.4dBm/110kHzを1MHzに換算
TV受信	-113.8	710	9.8(簡易) 12.7(八木)	10(簡易) 12(八木)	次頁①参照	5(簡易) 10(八木)		
ITS	-119.6(路) -104.6(車)	755	13(路) 2(車)	2(路) 0(車)	次頁②参照	4.7(路) 1.5(車)		
ラジオマイク (特定小電力)	-66.8	810	2.14	0	無指向性	4(大規模) 4/1.5(小規模)		D/U=40dB 屋外モデルの-76.4dBm/110kHzを1MHzに換算
MCA	-105.8	850	4(車載) 10(管理移動)	1.5(車載) 1.5(管理移動)	次頁③参照	1.5(車載) 10(管理移動)		-123.8dBm/16kHzを1MHzに換算
RFID	-92.2	915	6(高出力) 3(低出力)	0(高出力) 0(低出力)	次頁④参照	1.5		-86dBm/4.2MHzを1MHzに換算
電波天文	-188.0	1,427	0	0	無指向性	0		
気象衛星	-125.2(極軌道) -118.6(静止衛星)	1,707(極軌道) 1,687.5(静止衛星)	29.8	0	次頁⑤参照	12	5(極軌道) 20(静止衛星)	-118.7dBm/4.5MHz(極軌道)を1MHzに換算 -115.4dBm/2.11MHz(静止衛星)を1MHzに換算
ラジオゾンデ	-106.4(ITU-R) -113.9(国内メーカ)	1,687	25(ITU-R) 16.7(国内メーカ)	3(ITU-R) 1(国内メーカ)	次頁⑥参照	2(ITU-R) 1(国内メーカ)		-105.3dBm/1.3MHz(ITU-R)を1MHzに換算 -108.5dBm/3.5MHz(国内メーカ)を1MHzに換算
PHS	-124.7(現行PHS) -110.8(sXGP)	1,915.7 (現行PHS) 1,916.6(sXGP)	0	8	無指向性	1.5		-130dBm/300kHzを1MHzに換算 情通審陸上無線通信委員会報告(案)より引用 ^{※4}
N-STAR	-124.9	2,535	12.6	0	次頁⑦参照	1.5	48	
衛星受信	-130.9	3,400	46.5	0.7	※3	55		I/N=-12.2dB

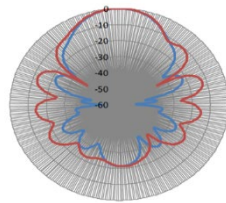
※1 算出根拠は備考欄参照
 ※2 受信帯域のうち、与干渉帯域側の端の周波数ポイントで評価
 ※3 情通審答申(平成25(2013)年7月24日答申 携帯電話等の周波数有効利用方策委員会“第4世代移動通信システム(IMT-Advanced)に関する技術的条件”)より引用
 ※4 令和2(2020)年3月10日 情通審陸上無線通信委員会報告(案) P51 参表2-5 sXGPの受信特性

(参考) 他業務との共用検討 ～共用検討パラメータ (被干渉局アンテナパターン) ～

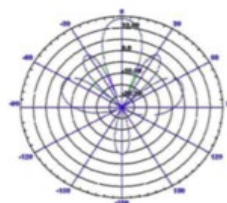


簡易アンテナ
(P344図, 参 1-2-4)

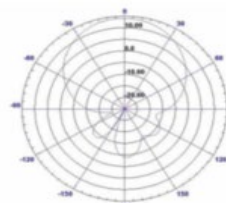
① TV受信アンテナパターン



八木アンテナ
(P344図, 参 1-2-3)

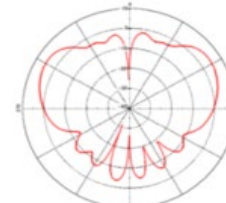


ITS稼働 (水平面)
(P371図, 参 1-3-2)

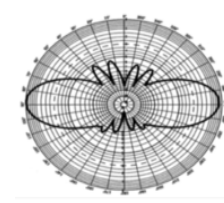


ITS稼働 (垂直面)
(P371図, 参 1-3-2)

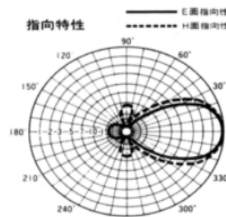
② ITSアンテナパターン



ITS稼働 (垂直面)
(P377図, 参 1-3-5)

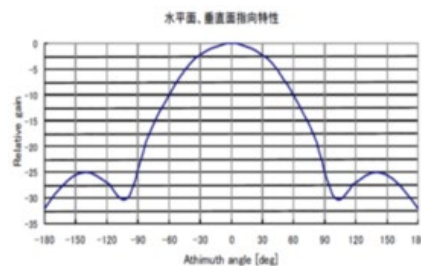


MCA稼働 (垂直面)
(P293図, 添 2-24)

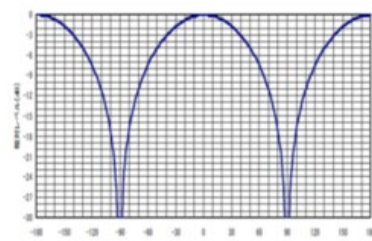


MCA水平、垂直面 (管理移動)
(P293図, 添 2-25)

③ MCAアンテナパターン

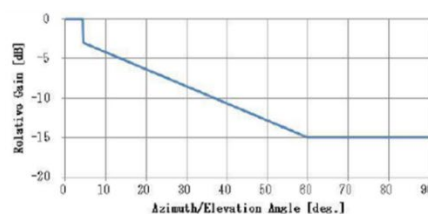


RFID高出力型パッシブシステム (垂直、水平面)
(P456図, 参 1-8-1)

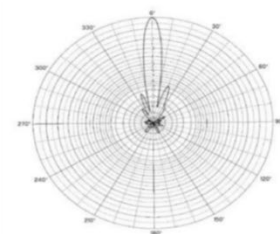


RFID低中出力型パッシブシステム (垂直、水平面)
(P456図, 参 1-8-2)

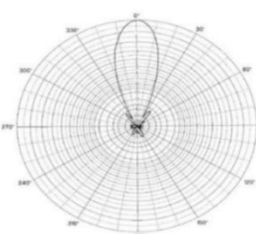
④ RFIDアンテナパターン



ITU-R SA.1165-2
(P192図 参考 1-2-1)

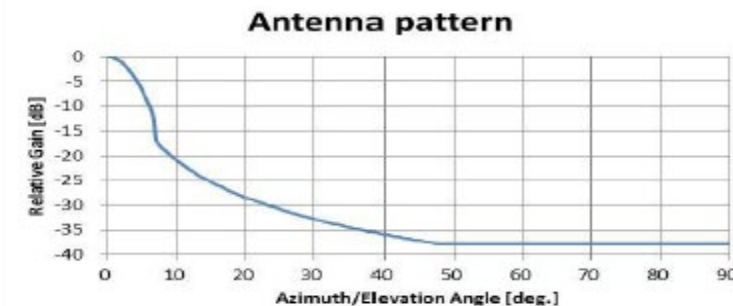


国内メジャーメカ (垂直面)
(P194図 参 1-2-2)

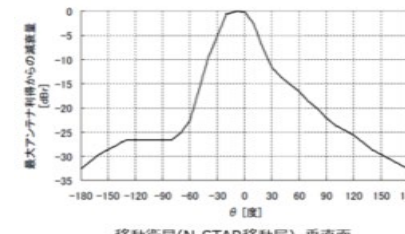


国内メジャーメカ (水平面)
(P194図 参 1-2-2)

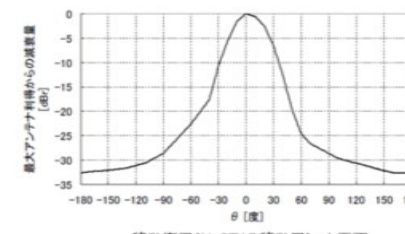
⑥ ラジオゾンデアンテナパターン



⑤ 気象衛星(静止衛星・極軌道衛星)アンテナパターン



移動衛星(N-STAR移動局) 垂直面
(P62 参図3.1)



移動衛星(N-STAR移動局) 水平面
(P63 参図3.2)

⑦ N-STARアンテナパターン