

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

「新世代モバイル通信システムの技術的条件」のうち
「携帯電話の上空利用拡大に向けたLTE-Advanced (FDD) 等の
技術的条件」

新世代モバイル通信システム委員会

1. 携帯電話の上空利用拡大に向けた検討の概要

2. 上空利用拡大に向けた共用検討

3. 技術的条件の方向性

4. 携帯電話の上空利用の技術的条件

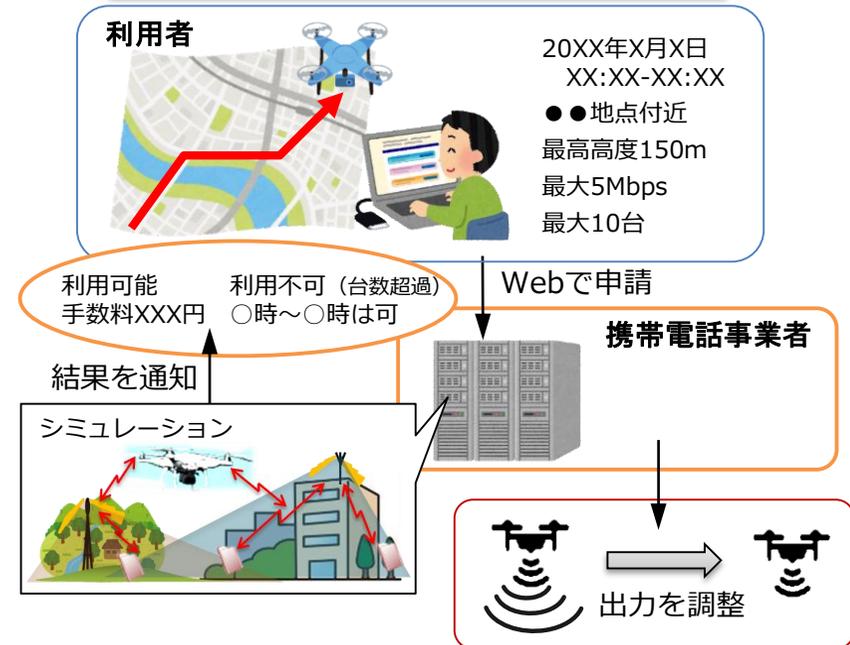
- 携帯電話をドローンに搭載して上空で利用するニーズに対応するため、**2016年7月に地上の携帯電話システムに影響を及ぼさないよう***、飛行台数を監理して使用を認める「**実用化試験局制度**」を導入。

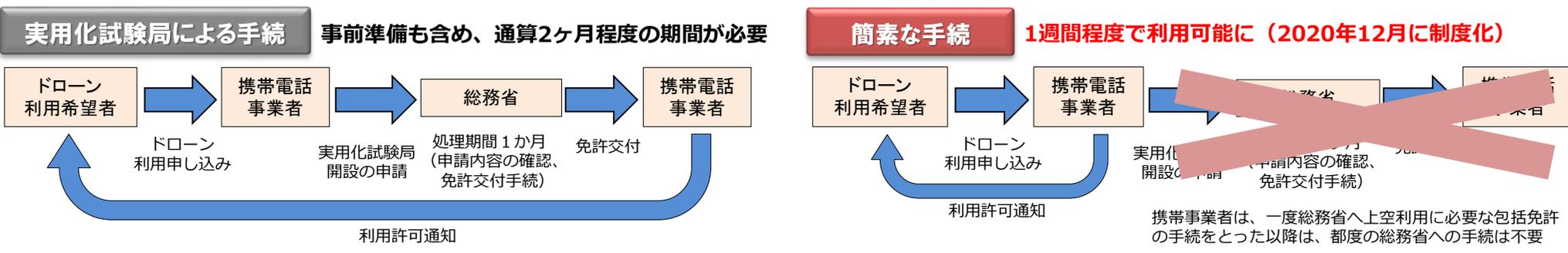
※携帯電話システムは、地上での利用を前提に基地局を整備しており、携帯電話をドローンに搭載して上空で利用すると、同じ周波数の電波を用いる他の基地局と混信を引き起こし、地上の携帯電話の通信が途切れるなどの影響を及ぼす。
- 実用化試験局の手続には、事前準備も含めて通算2か月程度の期間が必要であり、昨今のドローンの利用拡大に伴い、**手続きの簡素化や運用開始までの期間の短縮が求められていた。**
- このため、情報通信審議会（新世代モバイル通信システム委員会）において技術上・運用上の課題等を整理し、**2020年12月に手続の簡素化等の制度整備を実施。**携帯電話事業者が整備するシステムにより、**利用者がWeb経由等の簡易な手続で1週間程度で飛行可能となる環境が実現。**

携帯電話の上空利用における課題



制度整備後のサービス利用イメージ

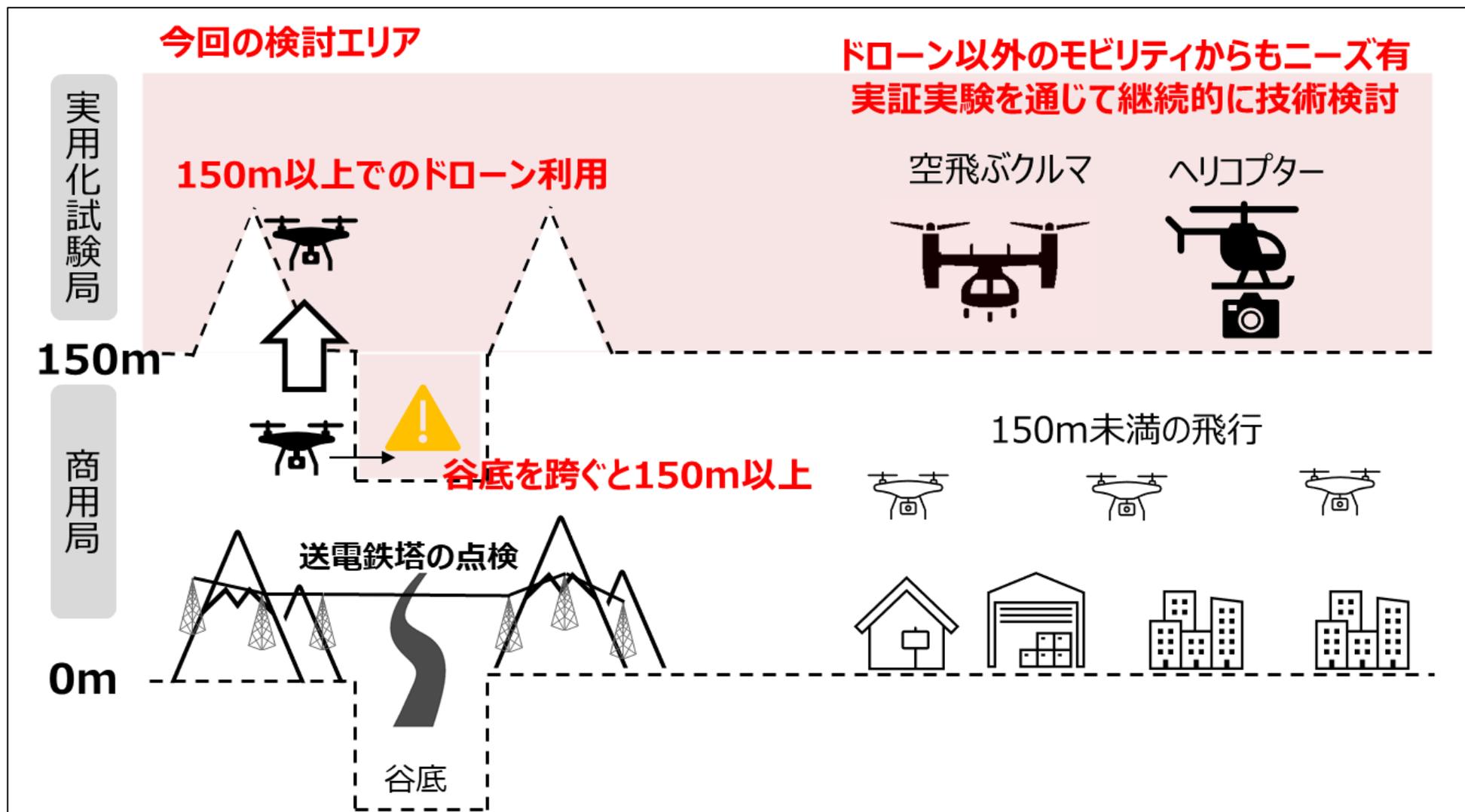




LTE-Advanced (FDD) の技術的条件 (赤字は簡素な手続による上空利用に当たり必要な条件)

		LTE-Advanced (FDD)
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は、800MHz帯、900MHz帯、1.7GHz帯、2GHz帯に限り、地表からの高度が150m未満に限る。)</u>
通信方式		FDD (LTE-A、eMTC)、HD-FDD (eMTC、NB-IoT)
多重化方式／多元接続方式		OFDM及びTDM (下り)、SC-FDMA (上り)
変調方式	基地局	BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
	移動局	BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM (LTE-A)、BPSK/QPSK/16QAM (eMTC)、 $\pi/2$ -BPSK/ $\pi/4$ -QPSK/QPSK (NB-IoT)
占有周波数帯幅の許容値	基地局	5MHz/10MHz/15MHz/20MHz
	移動局	5MHz/10MHz/15MHz/20MHz (LTE-A)、1.4MHz (eMTC)、200kHz (NB-IoT)
最大空中線電力及び空中線電力の許容偏差	基地局	定格空中線電力の±2.7dB以内
	移動局	定格空中線電力の最大値は23dBm以下 定格空中線電力に対し、+2.7dB/-6.7dB (LTE-A)、+2.7dB/-3.2dB (eMTC)、±2.7dB (NB-IoT)
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>

- ドローンを活用したインフラ設備の点検、ヘリコプターの動態管理、気象情報や上空映像のリアルタイム伝送、空飛ぶクルマの技術検証など、**高度150m以上における利用ニーズが顕在化。**



- ヘリコプター（概ね高度1,000m~1,500mまでを飛行）においても、地上と同様に携帯電話のネットワークを活用し、低価格、大容量及び高速な通信環境を整備することで、安全性向上及び業務効率化が期待されている。

動態管理システム



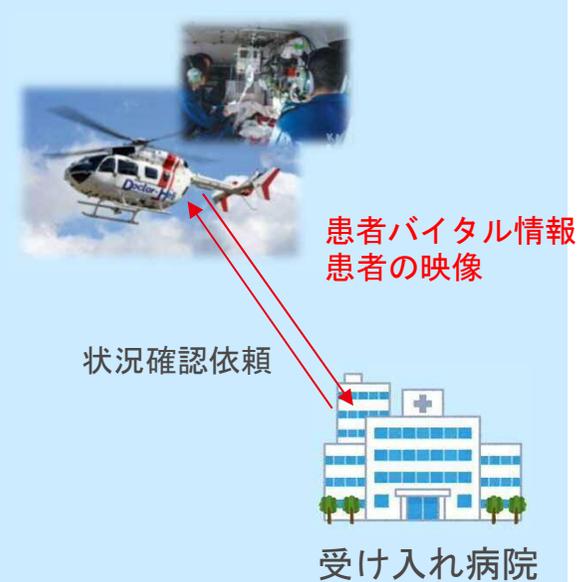
- 運用機体の状況把握
- 機内映像により詳細な任務状況の把握

リアルタイム 気象情報サービス



- 最新の気象情報を基に、次の判断が迅速に可能
- 安全な航路の選択
- 任務継続可否⇒**運航機会増加**

バイタル・データ 伝送サービス



- 患者受け入れ準備の効率化⇒**救命率向上**
- 医療スタッフの**負担軽減**

- 海外では、ドローンと高速・低遅延な5Gを組み合わせた映像伝送を活用した実証が進展。国内においても、ドローンによる空撮映像を携帯電話網システムにより伝送するニーズがある。
- 現在上空で利用可能なFDD-LTE帯域について、5Gでも利用可能とすることが望まれている。

欧州をはじめ海外通信事業者では、高速・低遅延な5Gを活用したドローン実証を積極展開中

本国においても5G※を上空で利用可能とすることで、高速・低遅延通信が必要な空撮映像中継等のユースケースにおけるドローンの利活用を促進したい ※現在上空での利用が認められている帯域の5G化を想定

欧州のドローンでの5G活用事例

Orange
5Gドローン港湾監視システム
(2022年5月)



- 非許可エリアにいる人の存在を検出するインテリジェントなビデオ分析技術と、リアルタイムで自動的にアラームを生成する機能
- 5Gネットワークを利用して、無人航空機と地上管制センター間の通信範囲を改善および拡張するだけでなく、画像伝送を改善し、データ伝送の遅延を最小限に抑え、高い信頼性を提供
- MECを介して5Gネットワークのコンピューティング機能を利用し、クラウドベースのシステムと比較して画像処理の遅延をさらに削減

<他の欧州通信事業者の5Gドローン事例>

- ・ Vodafone 5Gドローンによる病院内での薬の配送 (2022年5月)
- ・ Telefonica 5Gドローン監視ソリューションのデモ実施 (2022年2月)

出典：Pilotos 5G Galicia | Transformación Digital con Orange en Galicia

国内の高速・低遅延通信利用ニーズ

ゴルフ大会でのドローン空撮映像の生中継
(2022年4月)



- ゴルフ大会のテレビ中継において、有線ケーブルによる映像伝送に加え、auのモバイル通信により、空撮映像を映像中継拠点までリアルタイムに伝送
- モバイル通信による伝送は、設置に手間がかかる有線ケーブルが不要となり、より広範囲のエリアからの映像伝送を実現
- 一方で、テレビ中継には高速・低遅延の安定したモバイル通信が必要であり、ネットワークスライシングによる優先制御等の導入が望まれる



出典：ゴルフ大会でドローン空撮映像を生中継～「40thフジサンケイレディ スクラシック」にてドローン映像をモバイル通信でリアルタイム伝送～ (smartdrone.co.jp)

1. 携帯電話の上空利用拡大に向けた検討の概要

2. 上空利用拡大に向けた共用検討

3. 技術的条件の方向性

4. 携帯電話の上空利用の技術的条件

2. 上空利用拡大に向けた共用検討

(1) 高度150m以上における利用

- ① 地上携帯電話ネットワークへの影響の検討
- ② 携帯電話の同一/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

(2) FDD-NRの上空利用

- 調査検討の対象とするシステム： FDD-LTE 及び TDD-LTE
- 共用検討の対象とする周波数帯：
 - FDD-LTEについては700MHz帯、800MHz帯、900MHz帯、1.5GHz帯、1.7GHz帯及び2GHz帯
 - TDD-LTEについては、2.5GHz帯、3.4GHz帯、3.5GHz帯
- 共用検討の対象とする高度： 地表から高度150m～1500m
- 共用検討は、机上検討（計算機シミュレーション）により行う。
- 調査検討に当たっては、過去の調査結果を踏まえて検討を行う。

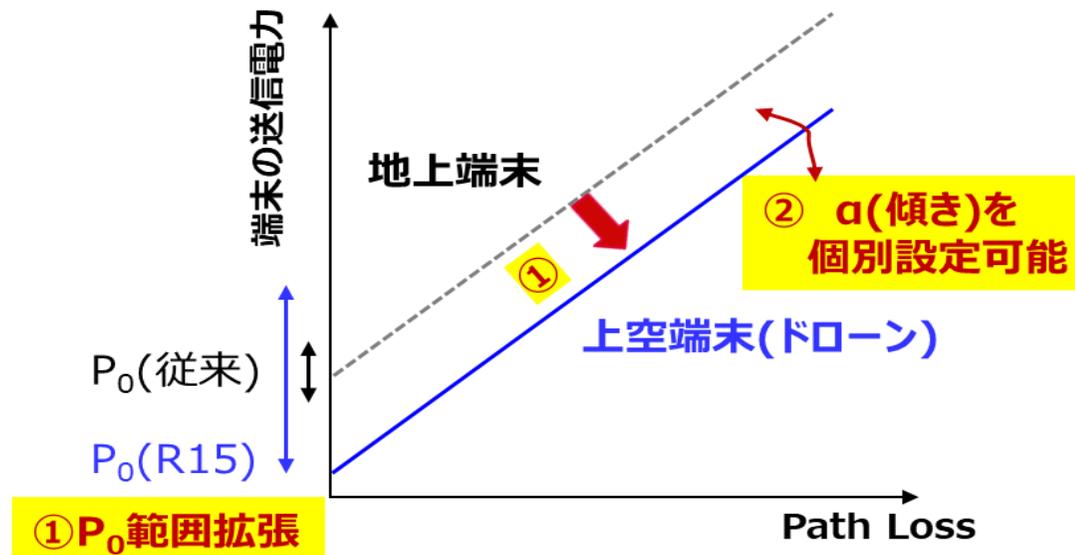
2. 上空利用拡大に向けた共用検討

(1) 高度150m以上における利用

- ① 地上携帯電話ネットワークへの影響の検討
- ② 携帯電話の同一/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

(2) FDD-NRの上空利用

- 上空の複数の高度から端末が電波を発射した場合の基地局への干渉（特に、接続可能な最も遠い基地局と接続している場合の、最も近い基地局に対する干渉）について、計算機シミュレーションを実施。
- 計算機シミュレーションは以下の2つのケースで実施。
 - 地上端末と上空端末のどちらにも従来と同一の通常端末用送信電力制御を適用した場合
 - 地上端末は通常端末用送信電力制御、上空端末は3GPP リリース15で規定された上空端末用の送信電力制御を適用した場合

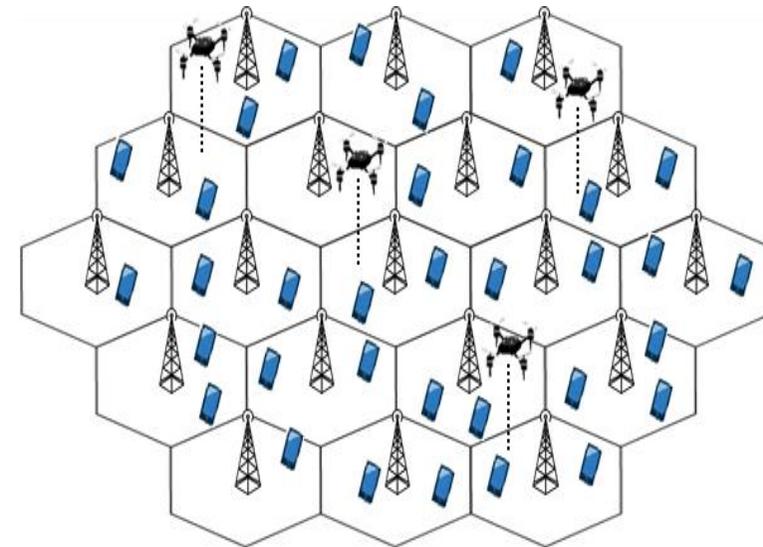


- ① P_0 : 拡張設定範囲を拡張
→ 上空端末のみに対して低いオフセットを設定(従来より端末毎に設定可能)
- ② α : セル共通から端末毎の設定が可能に
→ 上空端末のみに対してパスロスに対して抑制した補完度合いを設定

上空端末用の送信電力制御のイメージ

計算機シミュレーション条件

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)	
	端末合計台数	855台(=45台/セル×19セル)	
端末	上空端末台数※1	1~171台	
	高度	地上端末	1.5m
		上空端末※2	500m、1,000m、1,500m
	最大送信電力	200mW	
	送信電力制御※3	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	自由空間	



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)

※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。

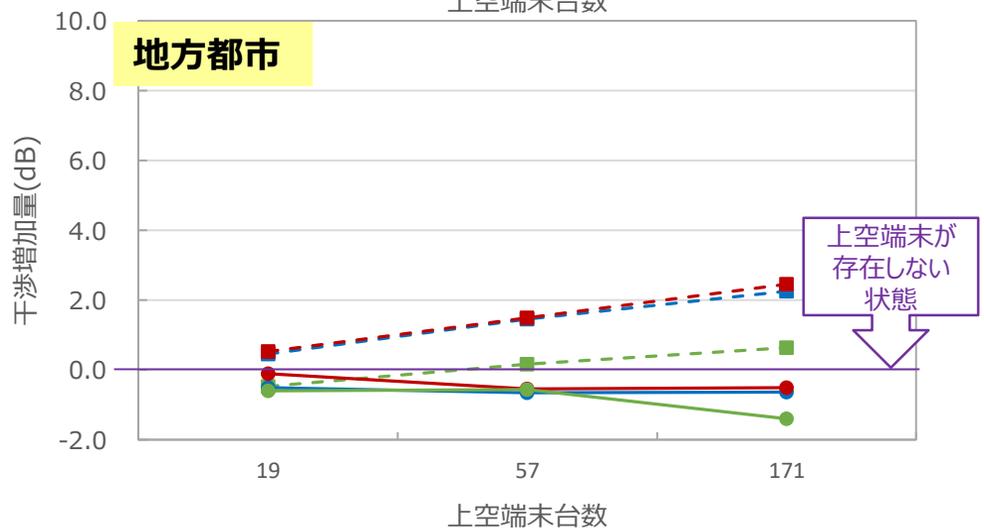
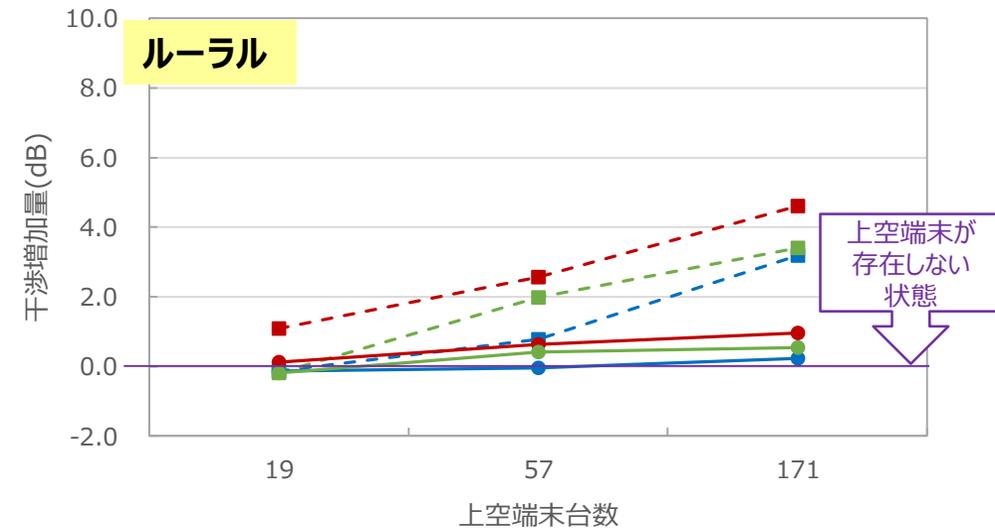
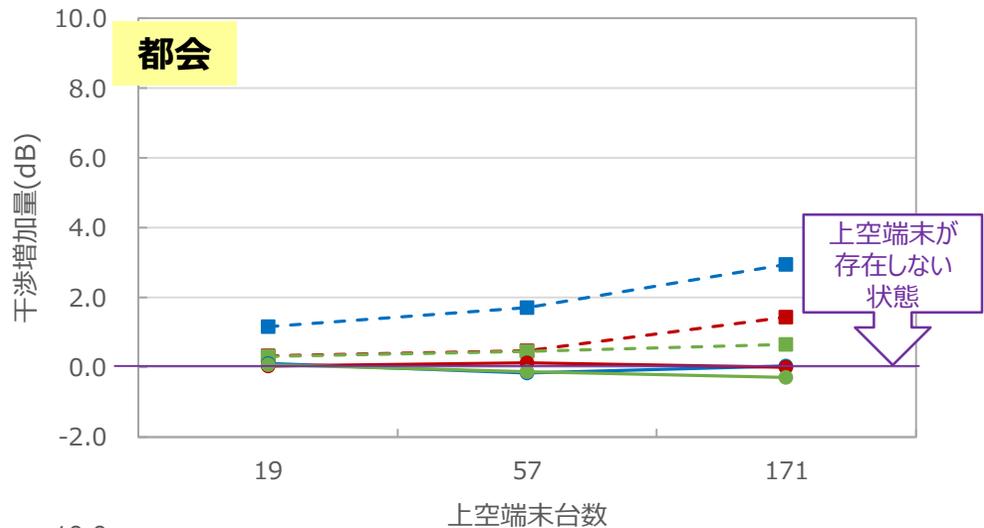
※2 全ての上空端末が同一高度にあるものとして評価を行った。

※3 送信電力制御パラメータ 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。

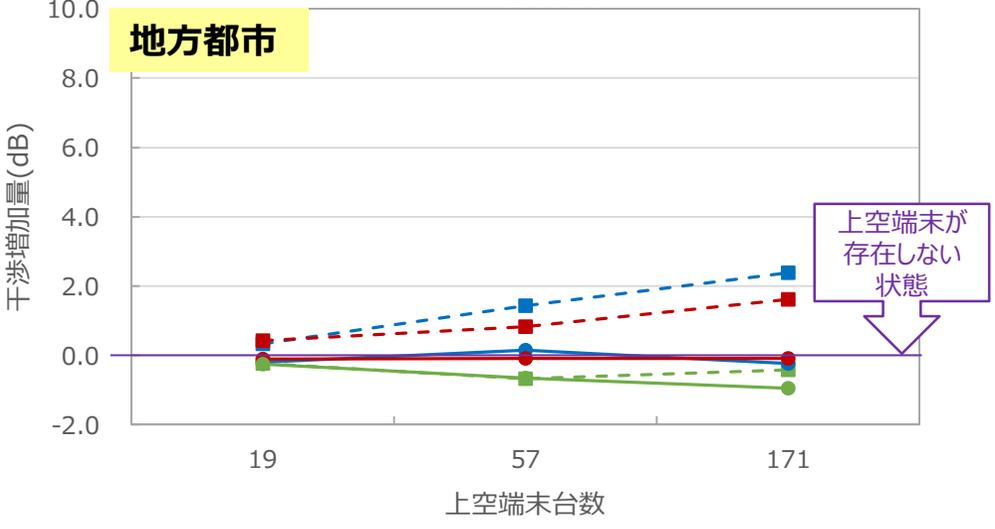
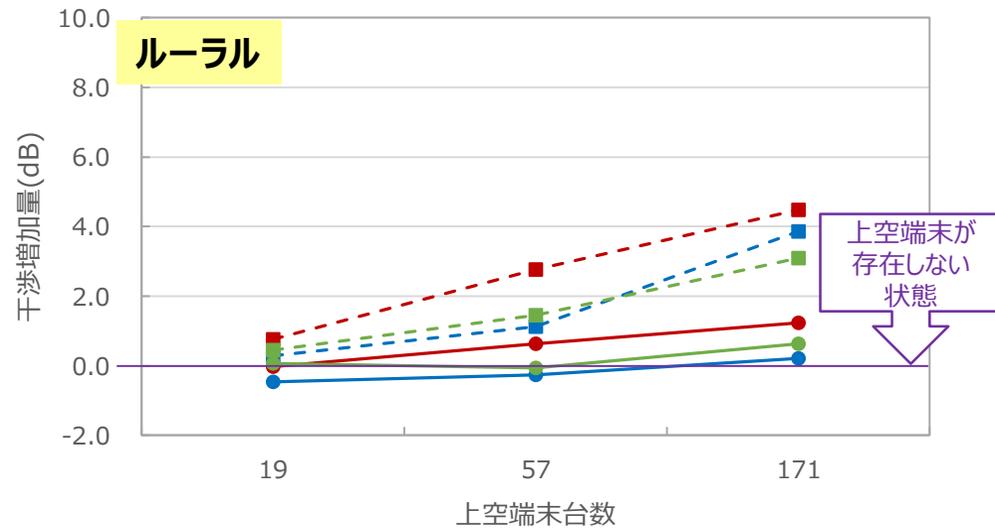
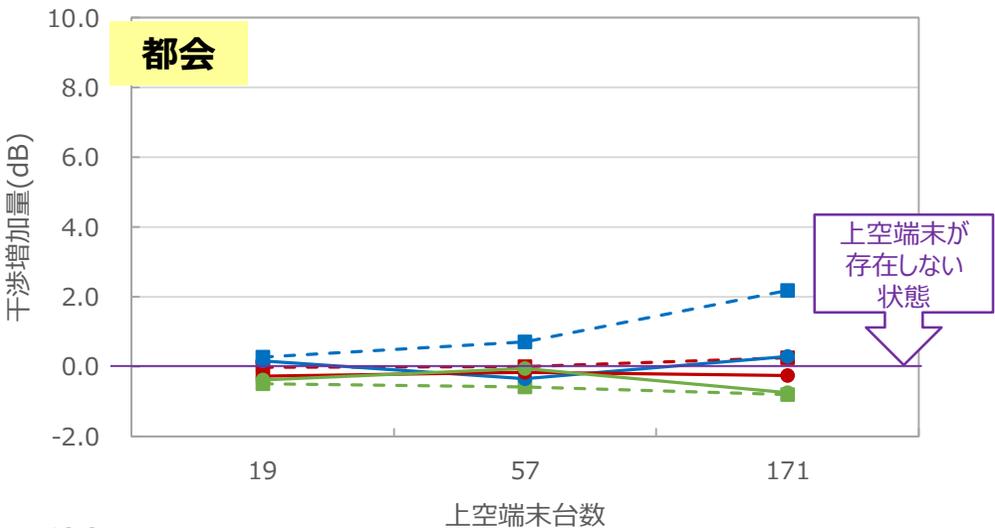
※4 3GPPで性能評価時に用いるトラフィックモデル(参考文献:3GPP TR 36.872)

※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))

■ 上空端末用の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。

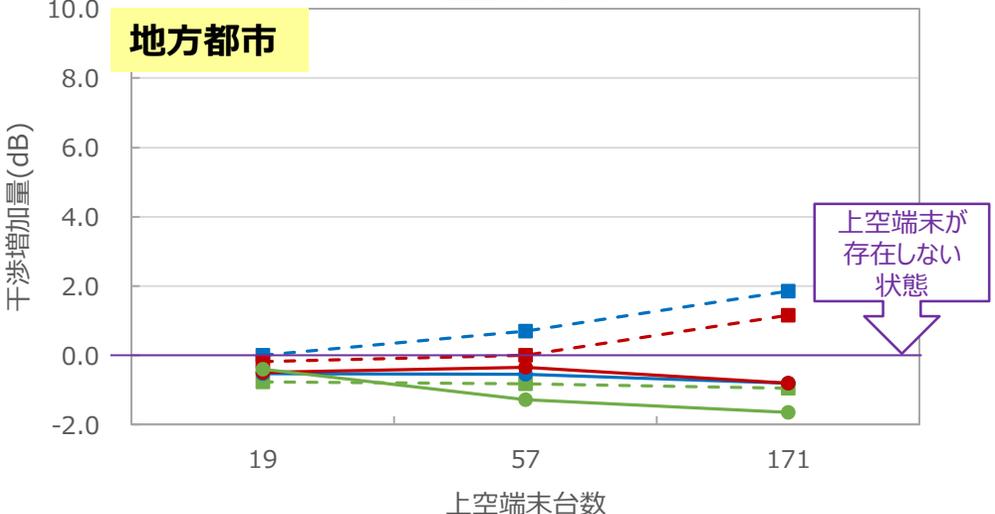
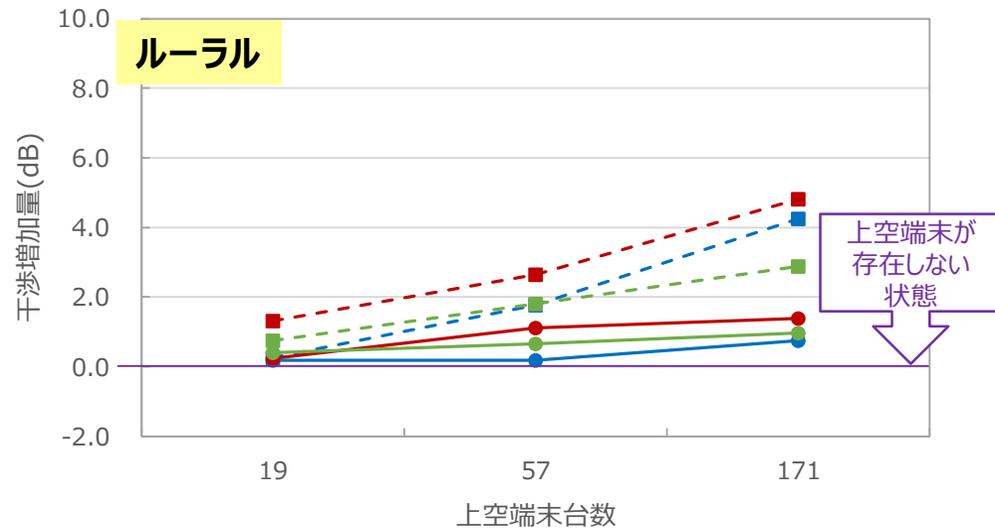
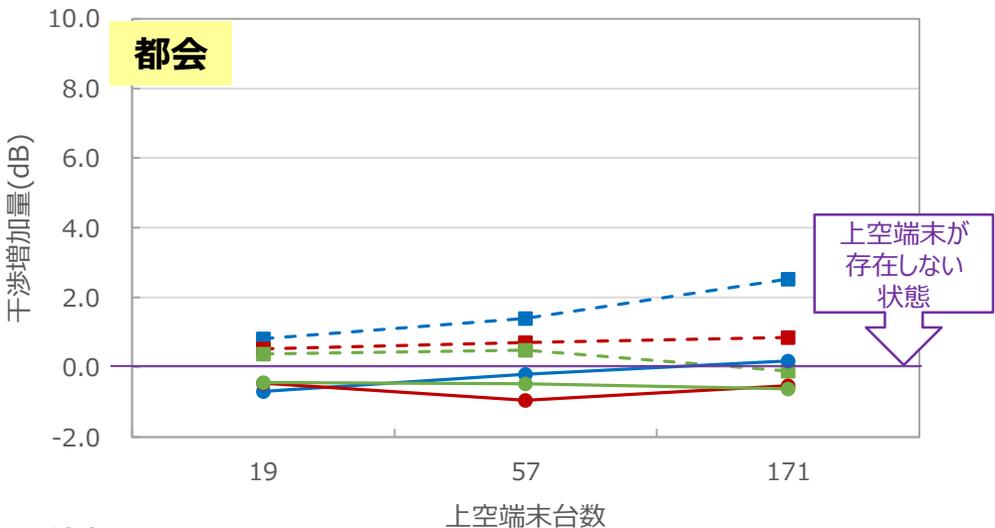


■ 上空端末用の送信電力制御を適用した場合（下図実線）は、送信電力制御の効果により、干渉増加量が抑えられていることが判る。



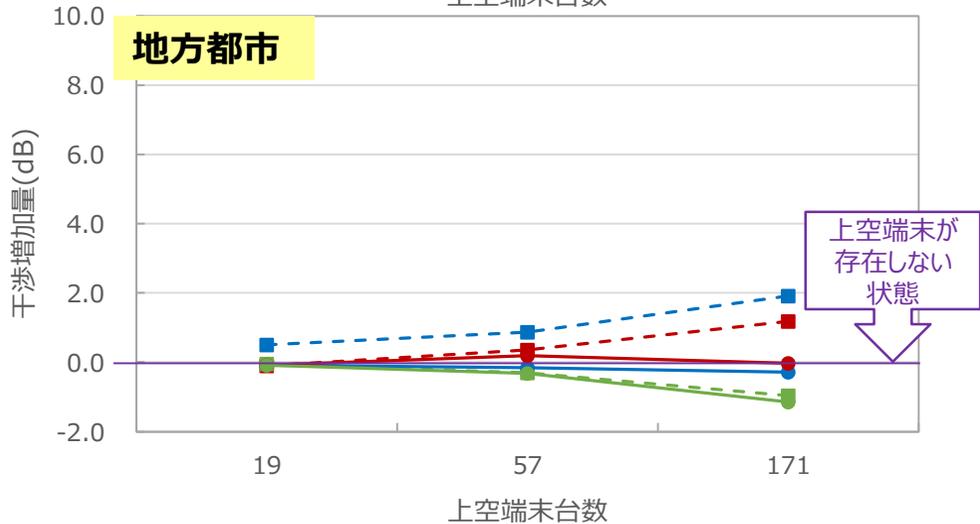
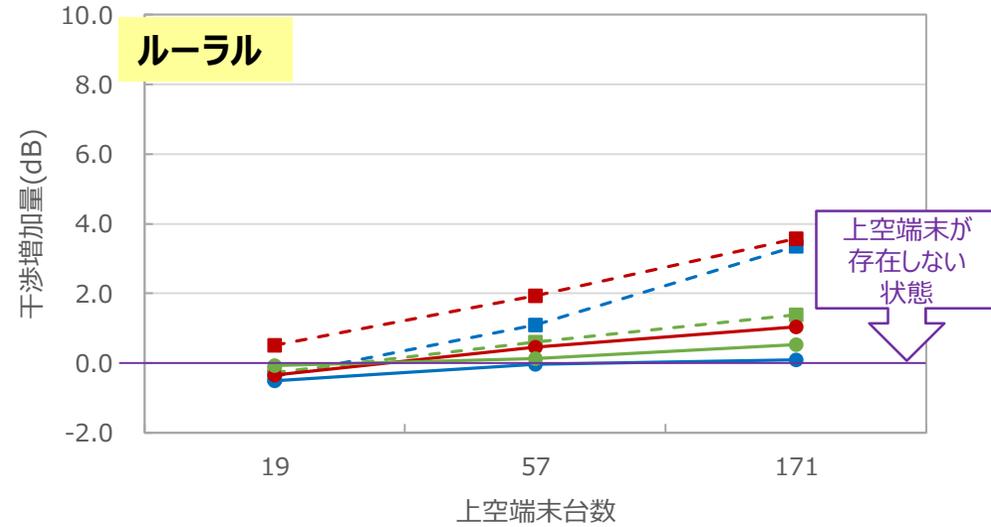
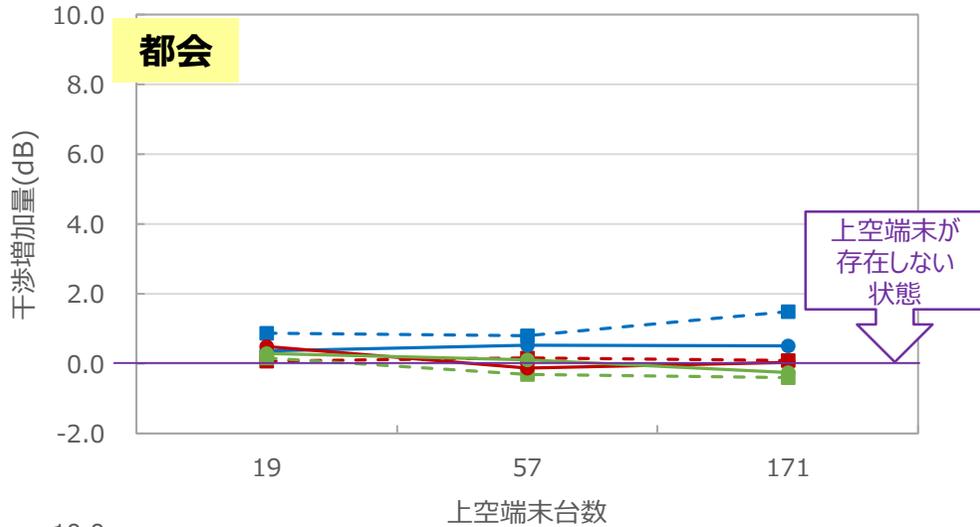
- 凡例**
- 上空端末用送信電力制御(3GPP リリース15)@高度 500m
 - 上空端末用送信電力制御(3GPP リリース15)@高度1,000m
 - 上空端末用送信電力制御(3GPP リリース15)@高度1,500m
 - 従来の送信電力制御@高度 500m
 - 従来の送信電力制御@高度1,000m
 - 従来の送信電力制御@高度1,500m

■ 上空端末用の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。



- 凡例
- 上空端末用送信電力制御(3GPP リリース15)@高度 500m
 - 上空端末用送信電力制御(3GPP リリース15)@高度1,000m
 - 上空端末用送信電力制御(3GPP リリース15)@高度1,500m
 - 従来の送信電力制御@高度 500m
 - 従来の送信電力制御@高度1,000m
 - 従来の送信電力制御@高度1,500m

■ 上空端末用の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。

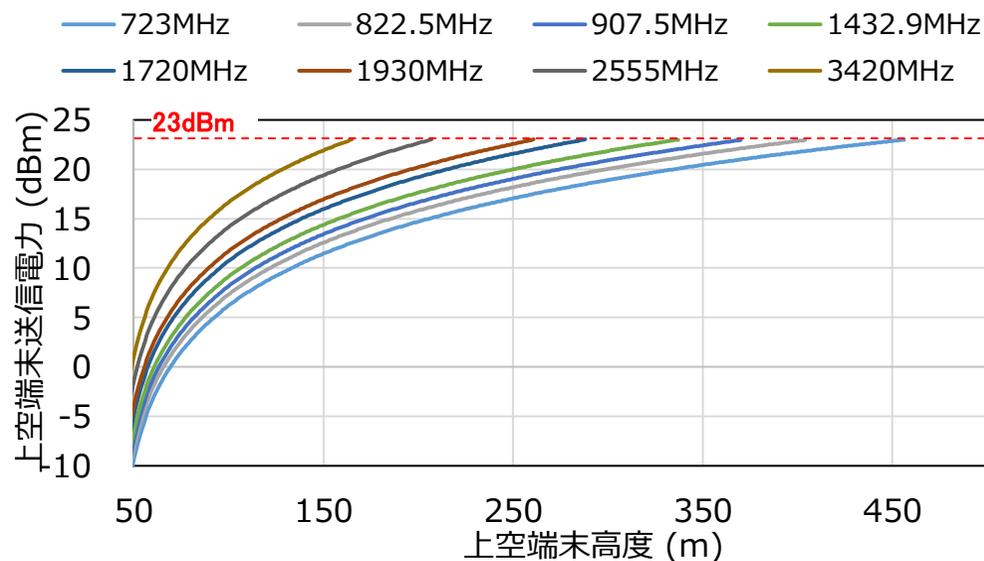
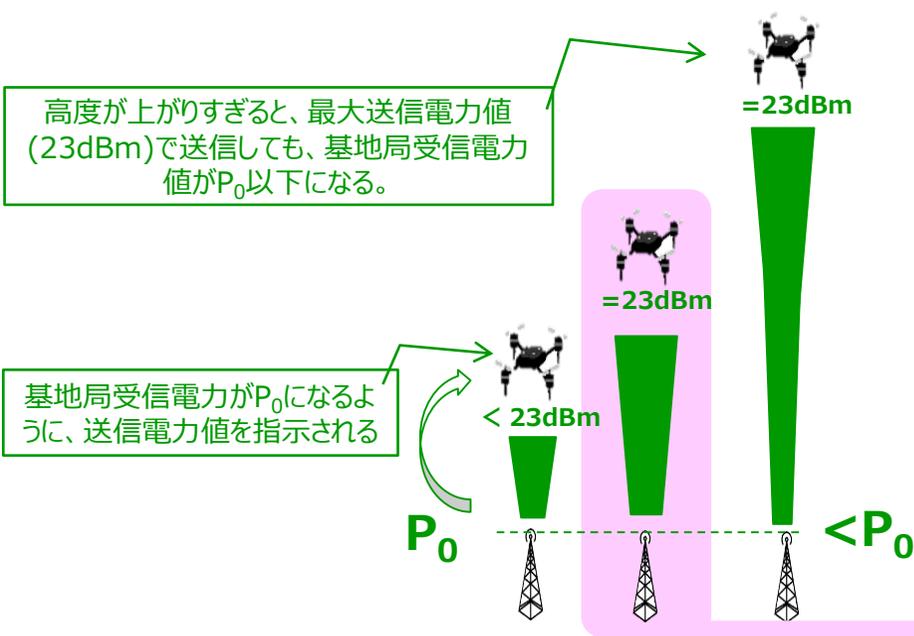


① 地上携帯電話ネットワーク（LTE）への影響について

- 高度150m以上でも、上空端末用の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）への干渉影響は回避可能と考えられる。

② 上空における品質の確保について

- 高度150m以上では、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、上り回線の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は、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※2

※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。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。

※2 自由空間伝搬、基地局高40m、上空端末アンテナ最大利得0dBi（無指向性）で計算した一例

2. 上空利用拡大に向けた共用検討

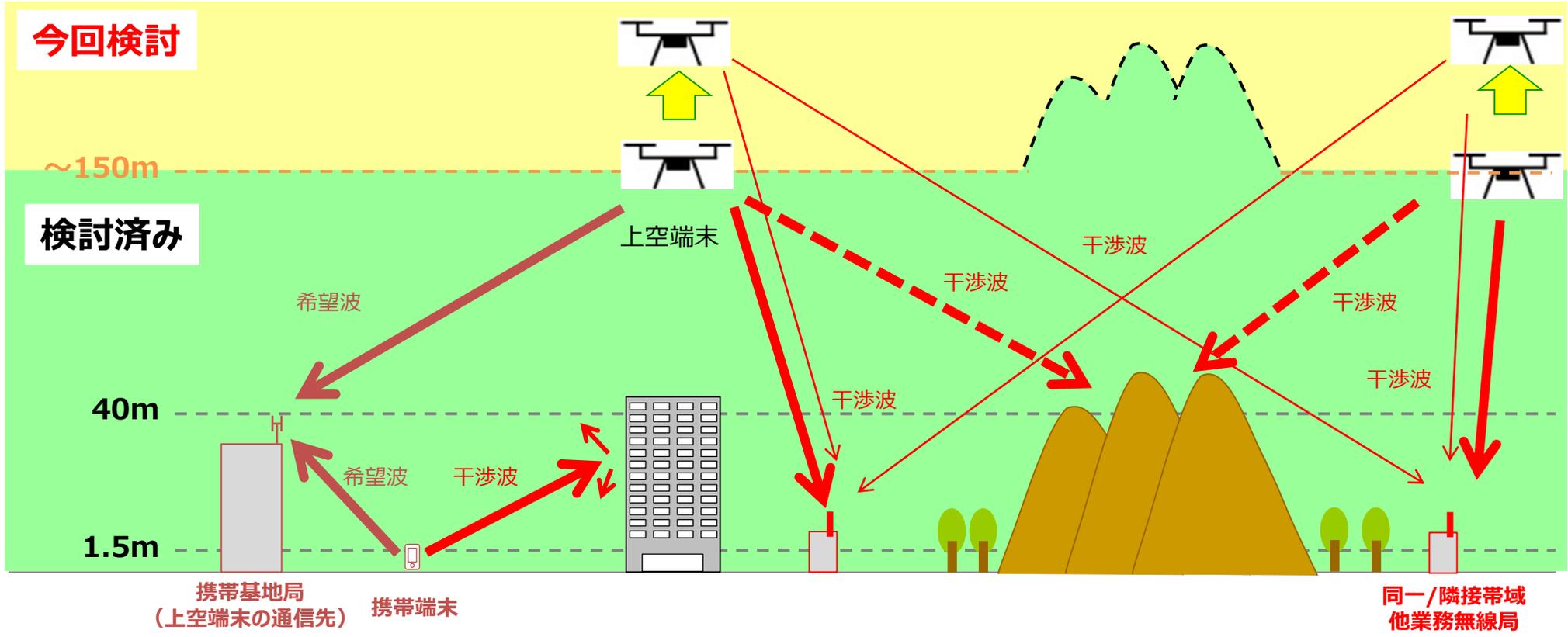
(1) 高度150m以上における利用

- ① 地上携帯電話ネットワークへの影響の検討
- ② 携帯電話の同一/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

(2) FDD-NRの上空利用

検討の前提条件の整理

- 上空端末高度が150m以上の場合、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。したがって、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未満の高度においては、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。



- 共用検討対象業務は、150m未満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）

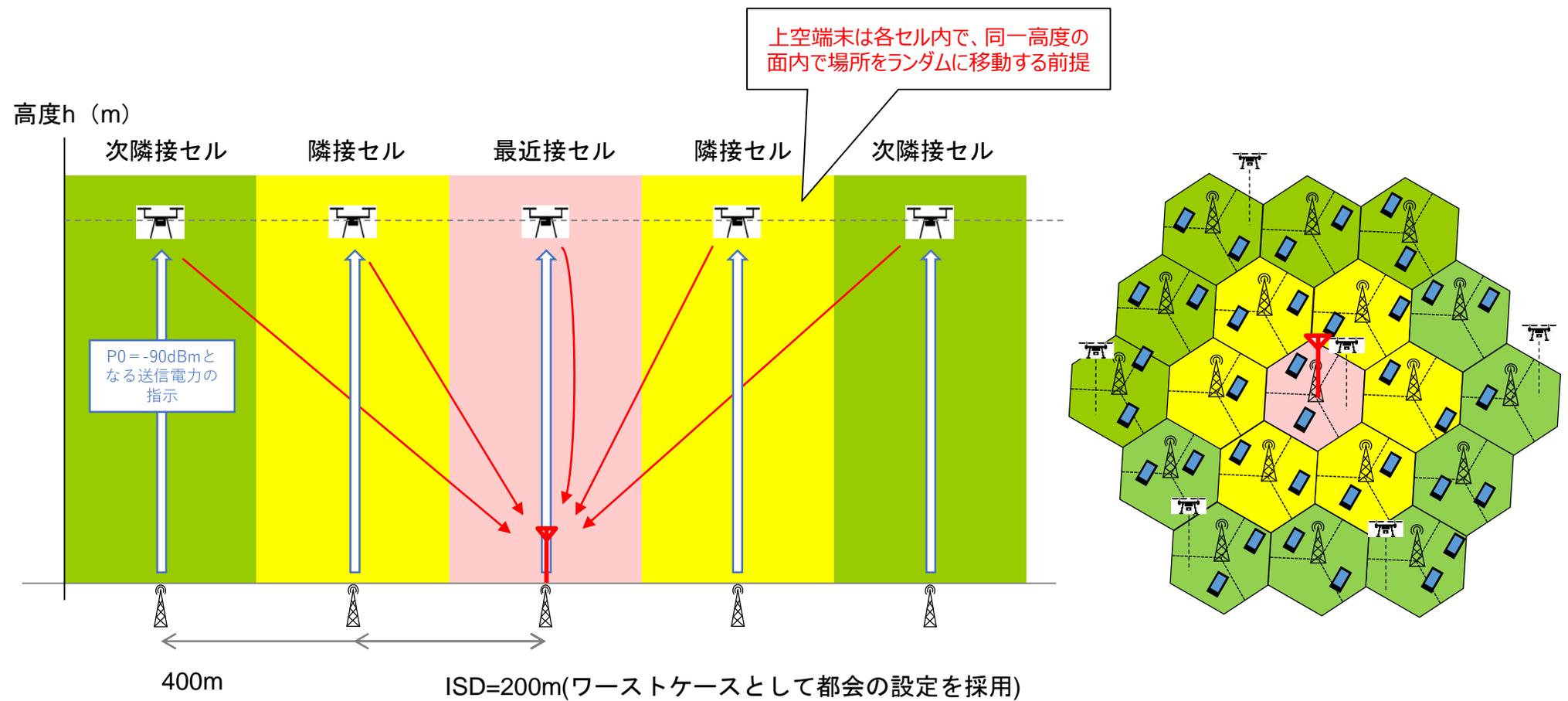
#	携帯端末送信周波数帯	被干渉業務受信周波数帯	過去の共用検討
①	718-748MHz	特定ラジオマイク 470~714MHz	平成24(2012)年2月17日答申 携帯電話等高度化委員会“700MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件”
②		TV受信 470~710MHz	
③		ITS(路、車) 755~765MHz	
④	815-845MHz	ラジオマイク(特定小電力) 806~810MHz	平成23(2011)年5月17日答申 携帯電話等高度化委員会“900MHz帯を使用する移動通信システムの技術的条件”
⑤		MCA↓ 850~860MHz	平成20(2008)年12月11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 915~930MHz	平成23(2011)年5月17日答申 携帯電話等高度化委員会“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 1400~1427MHz	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 1670~1710MHz	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 1670~1690MHz	
⑨	1920-1980MHz	PHS移動局※1 1884.5~1915.7MHz	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 2500~2535MHz	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 携帯電話等高度化委員会“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、地表面からと上空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。

評価モデルの策定 (1/2)

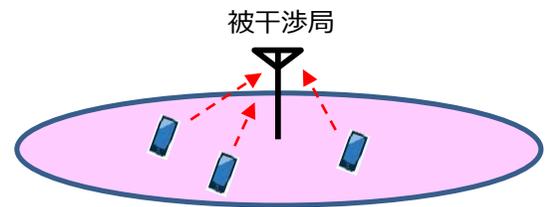
- 以下のモデルで検討を行った。
 - 3GPP 19セルモデルにおいて、各セルの真上に全てのリソースブロックを送信する上空端末が1台ずつ存在するモデルとした。
 - 被干渉局は、19セルの中心に設置。
 - 確率計算に使用する上空端末の送信電力累積分布は、前述で送信電力制御効果をシミュレーションした際に得られたデータを利用する(すなわち、 $P_0 = -90\text{dBm}$ とした時の上空端末の送信電力累積分布)。
 - 上空端末は、各セル内で同一高度の面内で場所をランダムに移動する前提とする。
 - 共用検討対象業務は、150m未満の検討において検討対象とした業務と同じ (全てのLTE帯域について評価)



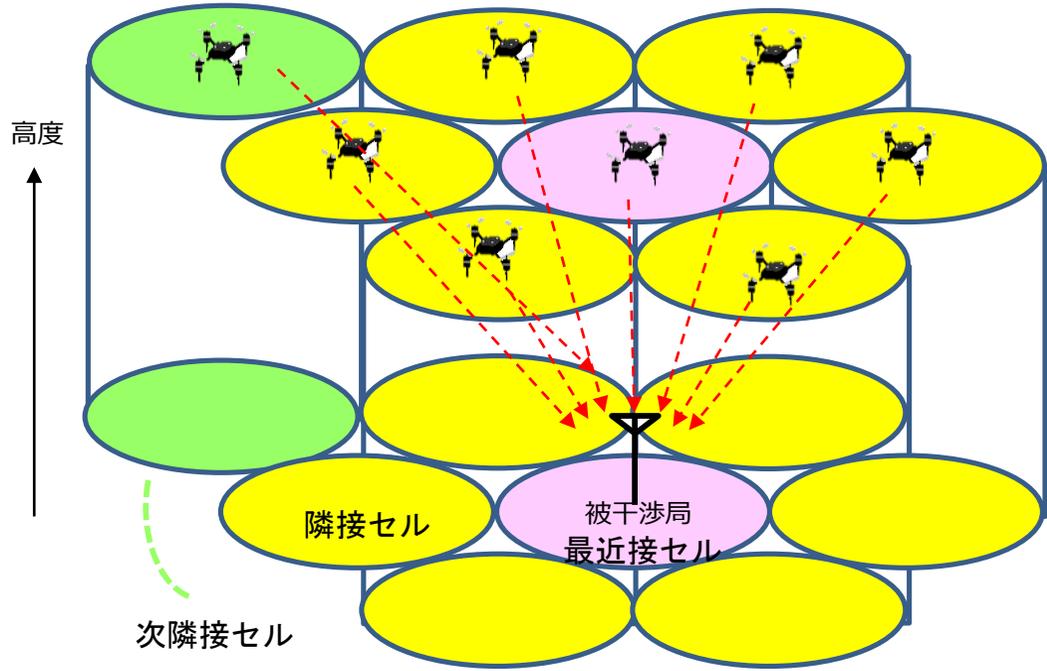
評価モデルの策定 (2/2)

- 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。したがって、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以上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。

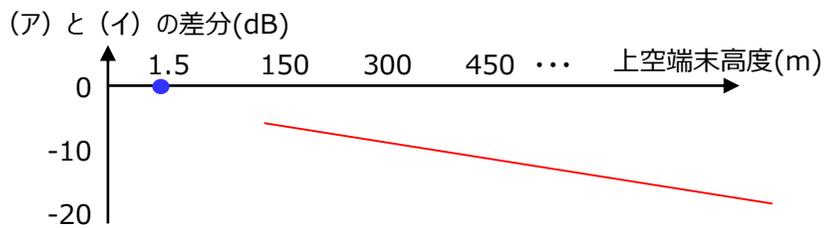
(ア) 被干渉局周囲100m円内に存在する地上LTE端末からの干渉量を確率計算で算出し、これを現状での干渉量と定義する



(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

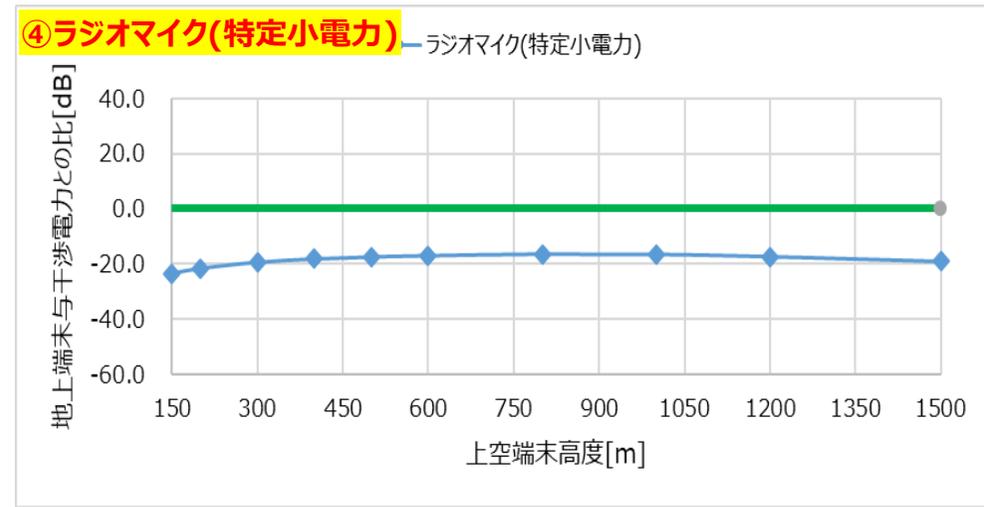
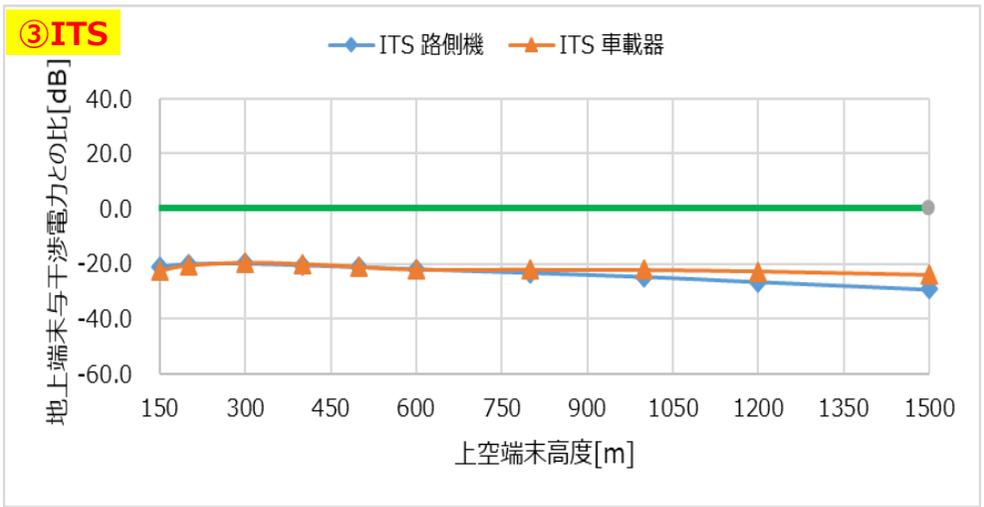
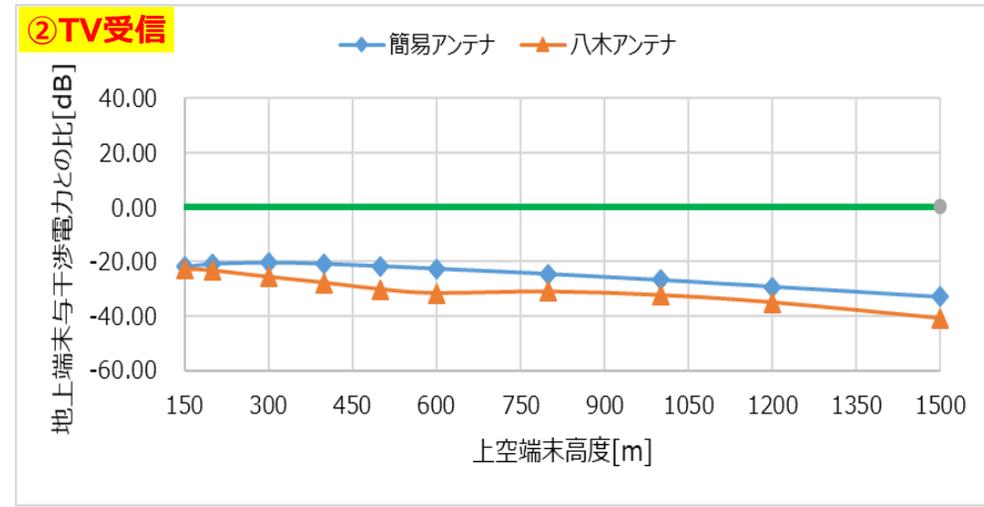
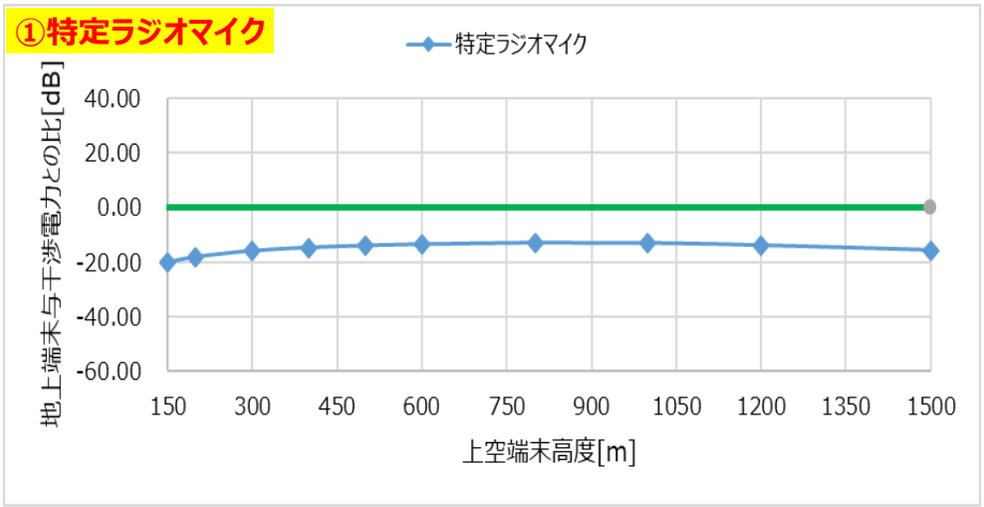


(ウ) (ア) と (イ) の差分を評価



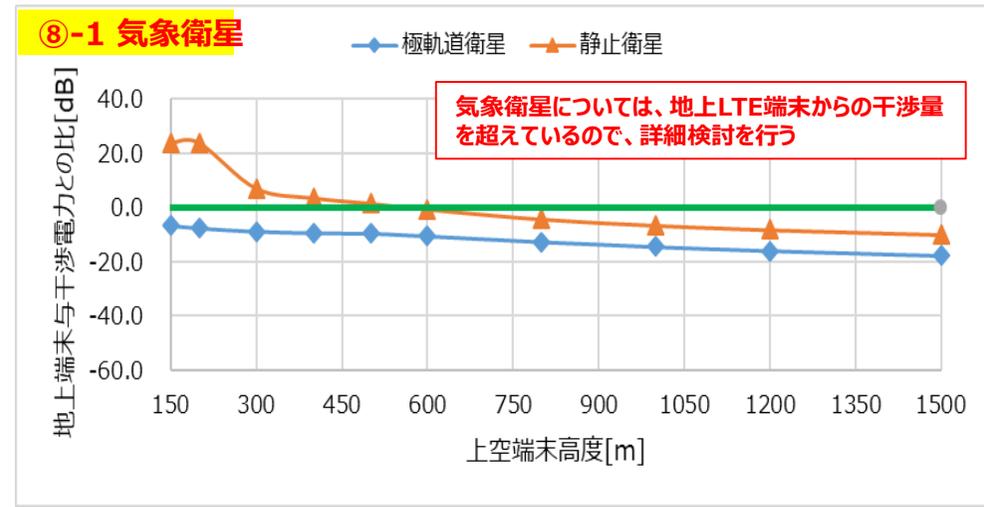
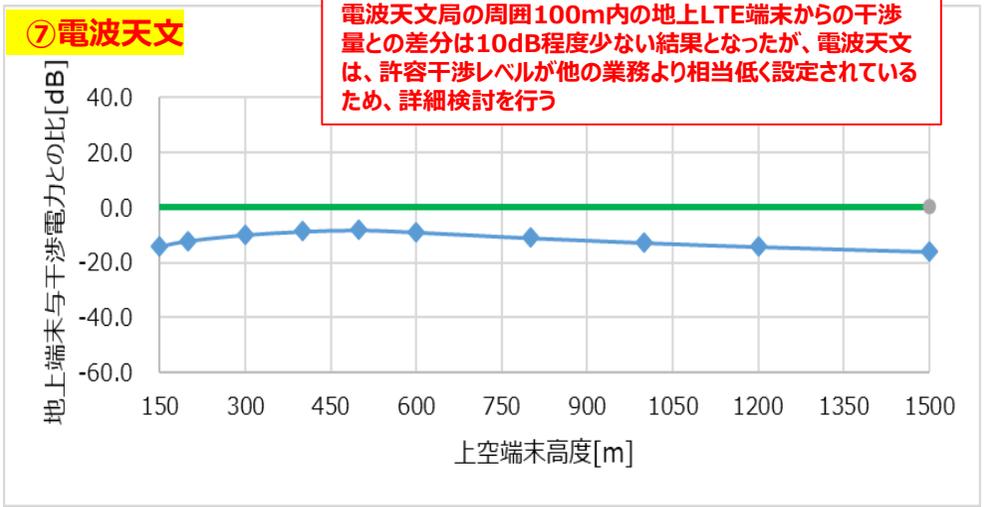
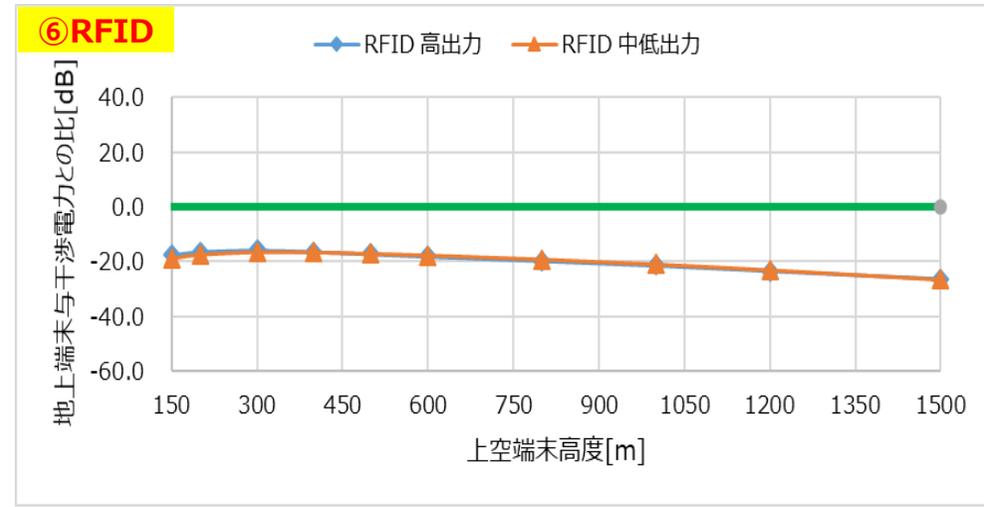
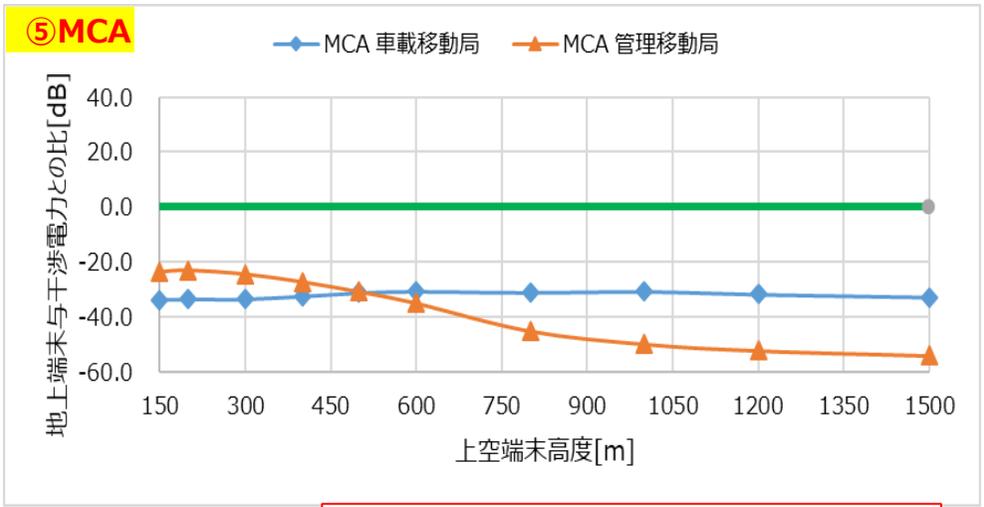
※1 干渉量は累積確率分布で97%の値で評価している。また、被干渉業務帯域におけるLTE端末不要輻射レベルは、過去の情通審等で用いられた実力値を採用した。

■ 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、高度150m以上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。



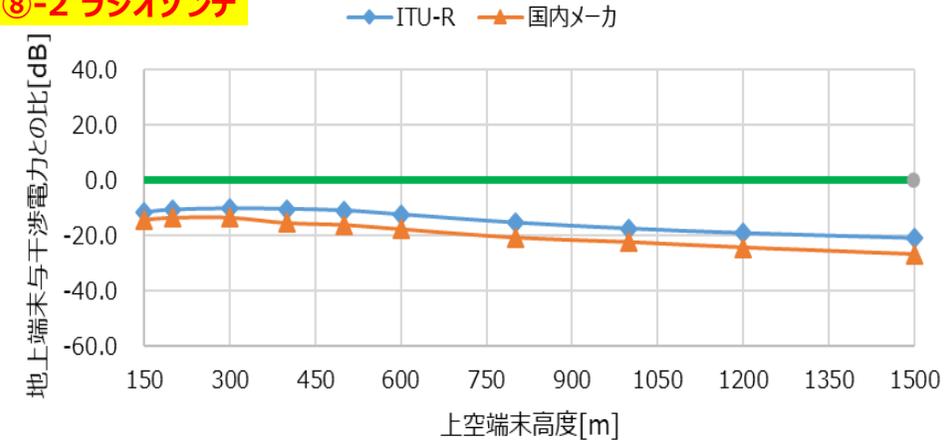
評価結果 (2 / 3)

- 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。
- ⑦電波天文、⑧-1気象衛星については、後述。

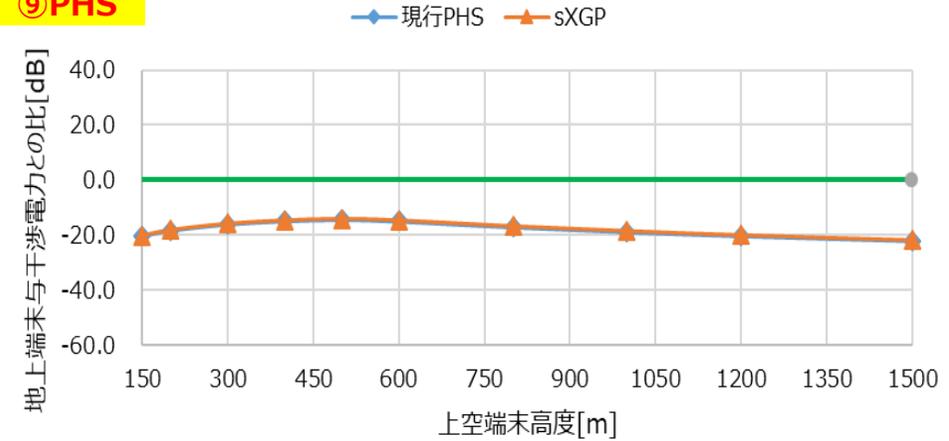


- ⑧-2ラジオゾンデ、⑨PHS、⑩N-STARについては、地上LTE端末からの合計干渉量よりも相当少ないか、同程度。
- ⑪衛星受信については、後述。

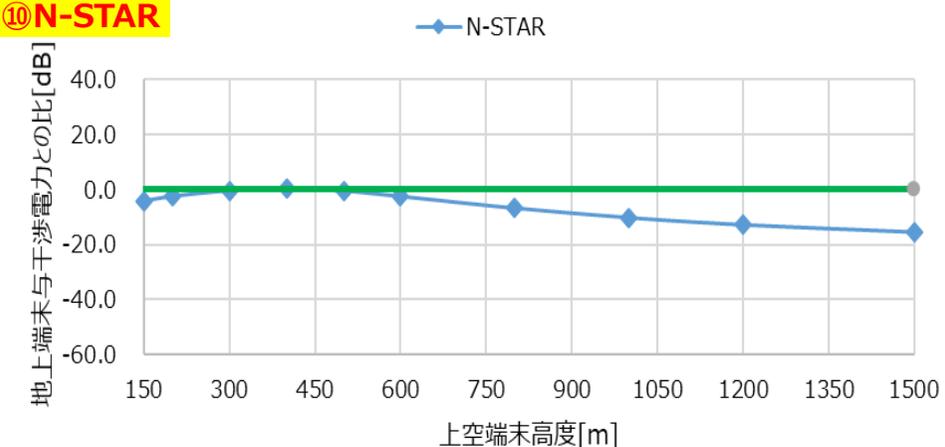
⑧-2 ラジオゾンデ



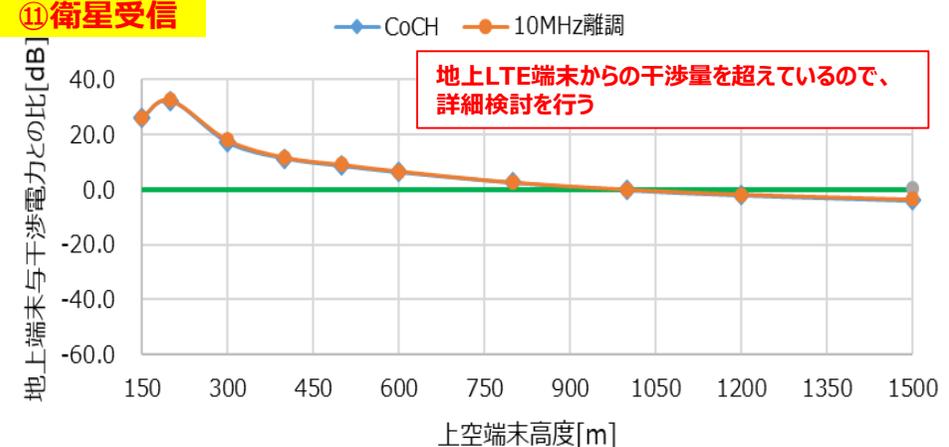
⑨ PHS



⑩ N-STAR



⑪ 衛星受信



■ 電波天文（～1427MHz）について

- 電波天文業務の許容干渉電力値は-189.3dBm/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。また、電波天文業務の受信設備は、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)。
- 実際に、電波天文と携帯電話については、電波天文業務の受信設備の近傍では携帯電話を運用しないなど、離隔距離を確保することで共用が実現している。したがって、電波天文については、今回の計算結果に関わらず、150m未満での結論と同じく、**従来、携帯電話事業者と電波天文受信設備運用者間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。**

■ 衛星受信（3400～3600MHz）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上空端末の運用には慎重な対応が必要不可欠。
- 電波天文と同様に、150m未満での結論と同じく、**従来、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。**

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 八木アンテナ	-113.8
ITS	路側 車載	-119.6 -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 管理移動	-105.8
RFID	高出力 中低出力	-92.2
電波天文	-189.3	勧告ITU-R RA.769の表1の値-205dBW/27MHzより換算
気象衛星	極軌道衛星 静止衛星	-125.2 -118.6
ラジオゾンデ	ITU-R 国内メーカ	-106.4 -113.9
PHS	現行PHS sXGP	-124.7 -110.8
N-STAR	-124.9	情通審陸上無線通信委員会報告(案)より引用※1
衛星受信	-130.9	I/N=-12.2dB

過去の情報通信審議会での電波天文業務の受信設備と地上携帯電話端末との共用検討結果例※1

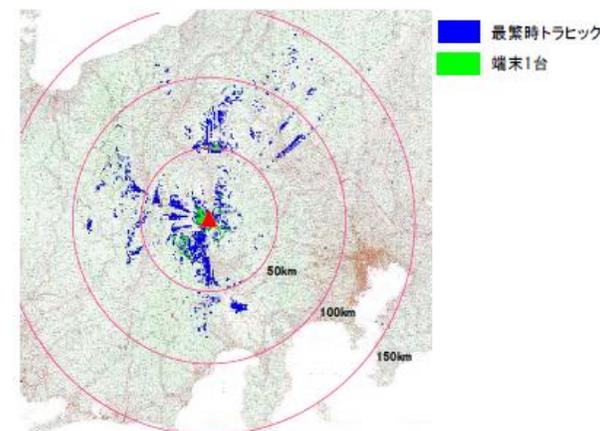
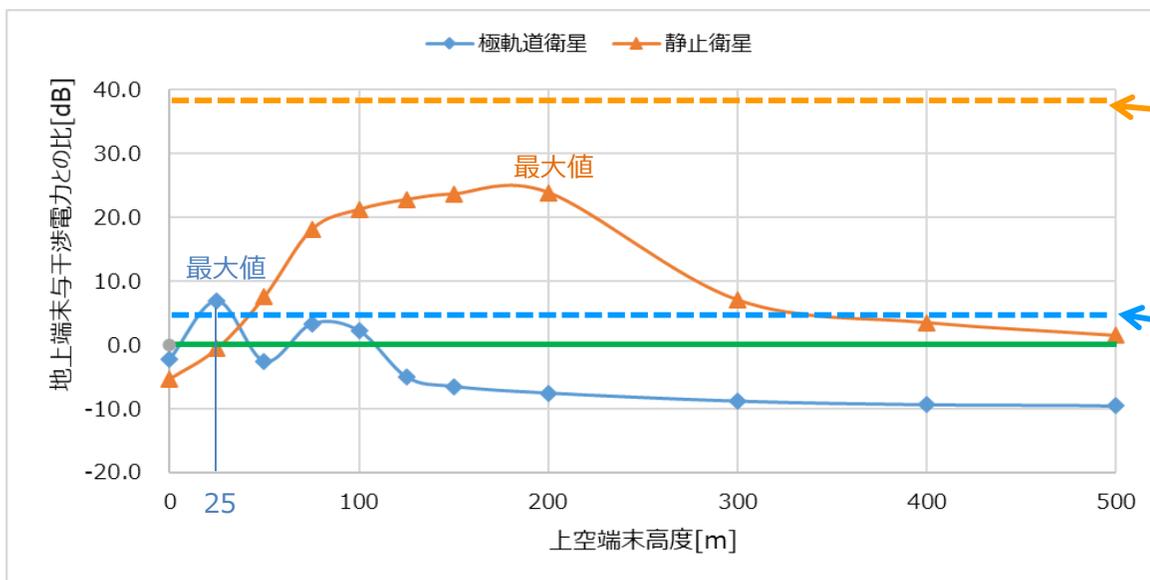


図3.4.1-1 エリア①野辺山

※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世代移動通信システム(IMT-2000)の高度化のための技術的方策”

■ 気象衛星（～1710MHz）について

- 上空LTE端末高度が300m以下程度の場合に、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ケースがあるためと考えられる。
- 一方、過去の委員会における気象衛星と地上LTE端末(周囲100m)との間での確率計算による共用検討結果では、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のマーヅンが存在。これを考慮すれば、静止衛星地上局についてはマーヅンの範囲内。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。**
- 今回の検討では、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、**免許人同士での個別調整などを実施することが適切**と考えられる。（極軌道衛星については、受信専用設備を利用しているケースがあることにも留意。）



静止衛星地上局の許容干渉量に対する39.0dBのマーヅンを加味した場合の閾値

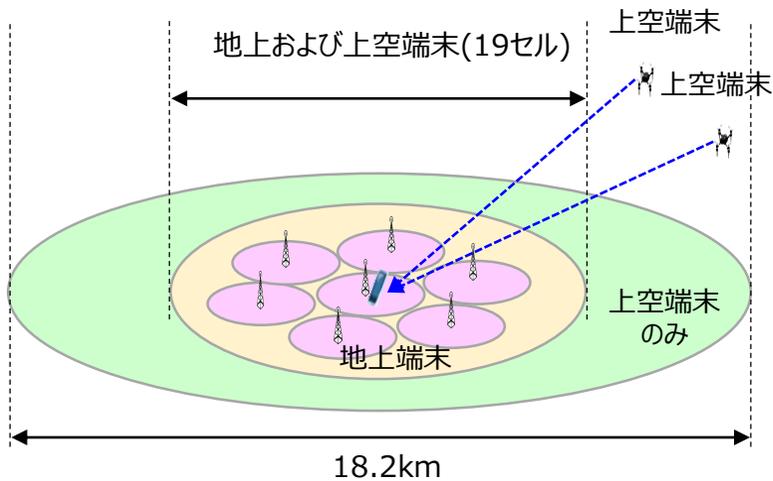
極軌道衛星地上局の許容干渉量に対する4.7dBのマーヅンを加味した場合の閾値

TDD方式における遠方捕捉問題の解決手法の検討

- TDD方式における遠方捕捉問題（上空移動局の電波が遠方へ伝搬するにつれて伝搬遅延が生じ、同期タイミングが外れることで、遠方の地上移動局に干渉を与えるおそれ）に関し、干渉のシミュレーションを実施。

<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図モデルで評価。
- 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(ルール)	
端末合計台数		855台(=45台/セル×19セル)	
端末	上空端末台数 ^{※1}		1~171台
	高度	地上端末	1.5m
		上空端末 ^{※2}	3m、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(ルール)	
	上空向け	150m未満	3GPPモデル:UMa-AV(都市部)、UMa-AV(地方都市)、RMa-AV(ルール)
150m以上		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。

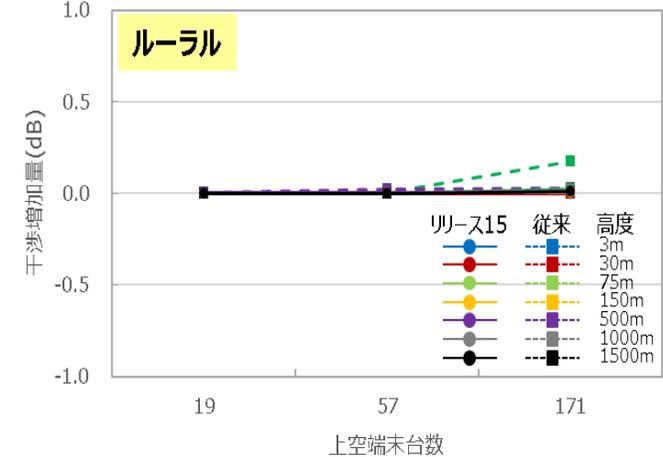
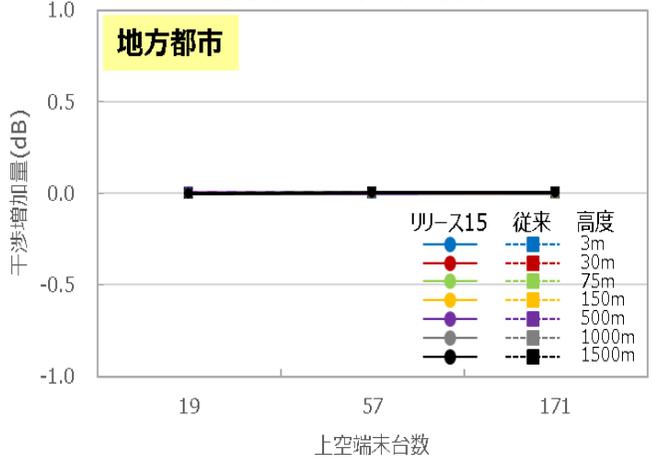
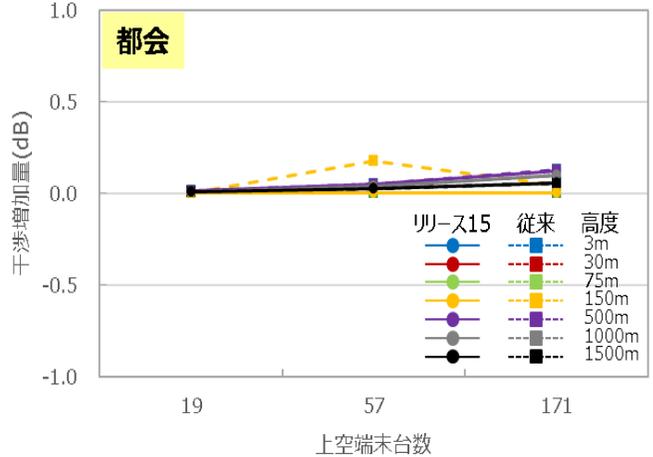
※4 3GPPで性能評価時に用いるトラフィックモデル(参考文献:3GPP TR 36.872)

※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))

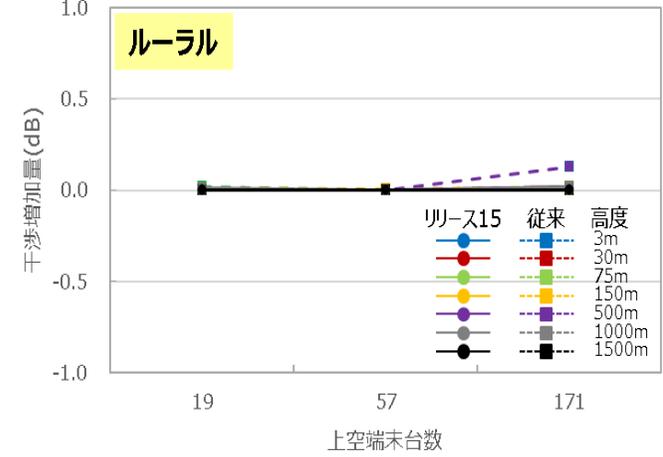
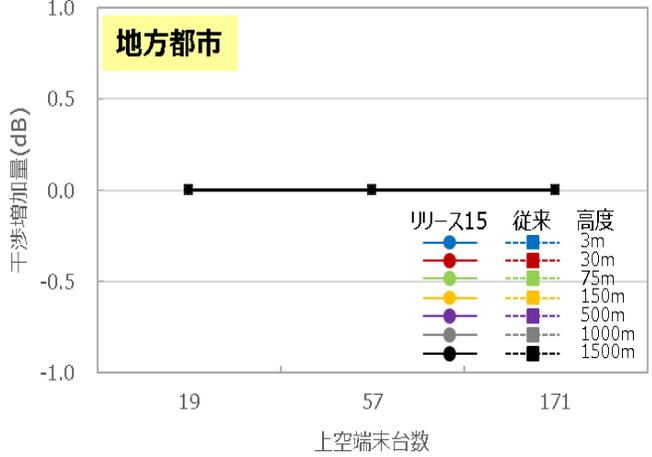
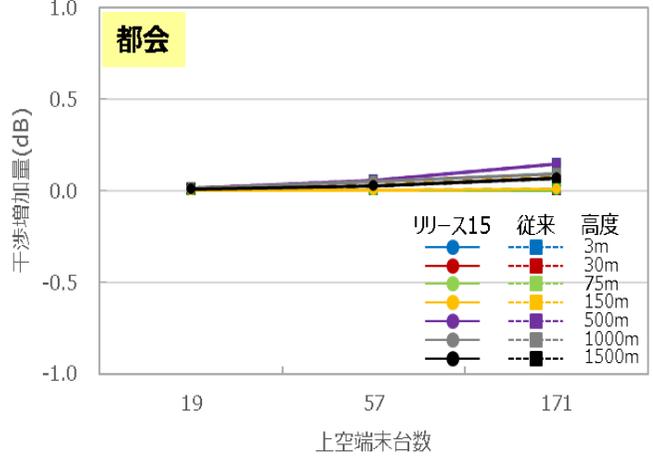
遠方捕捉問題の評価結果

- 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。
- したがって、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



- 高度150m以上での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以上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**^{※1}。
 - **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(3.4/3.5GHz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。
 - **気象衛星のうち極軌道衛星地上局(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**。
 - **他の同一/隣接他業務については、150m以上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未満を含め、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以上を含む上空における携帯電話（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**^{※2}
800MHz帯、900MHz帯、1.7GHz帯^{※3}、2GHz帯（従来どおり）
 - **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 提供する上空サービス品質と地上の携帯電話網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。

※2 700MHz帯については、今回の調査検討により150m以上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未満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下で慎重に運用することが望ましい。
2.5GHz帯については後述。

※3 **極軌道衛星地上局については、免許人同士で調整が必要。(受信専用設備を利用しているケースもあることにも留意。)**

2. 上空利用拡大に向けた共用検討

(1) 高度150m以上における利用

- ① 地上携帯電話ネットワークへの影響の検討
- ② 携帯電話の同一/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

(2) FDD-NRの上空利用

FDD-NRの上空利用

- 既存バンドの5G化の検討の際、5Gにおける不要発射強度等はLTEにおける規定値の範囲内に収まるため、既存システムとの共用検討は原則不要として制度化。
- **5Gの上空利用に関しても、LTEの上空利用時同等の上空用送信電力制御を行えば、地上の既存システムへ与える影響は同等以下となるため、地上の既存システムと共用可能。**
- また、高度150m以上についても、LTEの上空利用において適切な送信電力制御を行うことで既存システムとの共用が可能との考え方に則れば、**5Gにおいても、同等の対処を行うことにより、高度150m以上での利用について他システム等との共用が可能**と考えられる。

既存バンドの5G化に向けた共用検討(その1)

- 既存バンドの5G化において、最大空中線電力及び空中線電力の許容偏差、不要発射強度(隣接チャネル漏洩電力、スプリアス領域における不要発射の強度、スペクトラムマスク)等は新たに規定する必要があるが、いずれも4G(LTE Advanced)における規定値の範囲内に収まっているため、既存システムとの共用検討は原則不要
- 一方、2.5GHzや3.4/3.5GHz帯にアクティブアンテナを導入した場合は、空中線の指向特性が動的に変わることから、ビームフォーミングを考慮した既存システムとの共用検討が必要

	基地局		陸上移動局	
	最大空中線電力	許容偏差	最大空中線電力	許容偏差
LTE-A方式(FDD)	規定無し	定格空中線電力の±2.7dB以内	23dBm	定格空中線電力の±2.7dB以内 ※700MHz帯:±2.7dB/4.2dB以内
LTE-A方式(TDD)	規定無し	定格空中線電力の±3.0dB以内	23dBm	定格空中線電力 +3.0dB/4.0dB以内 ※空間多重方式:±3.0dB/5.0dB以内
3GPP-5G-NR仕様	規定無し	3.5GHz帯以外: 定格空中線電力の±2.7dB以内 3.5GHz帯: 定格空中線電力の±3.0dB以内	23dBm	3.5GHz帯以外: 定格空中線電力の±2.7dB以内 3.5GHz帯: 定格空中線電力の±3.0dB以内

最大空中線電力及び空中線電力の許容偏差

	基地局			陸上移動局			
	システム	周波数 離隔	許容値 参照 帯域幅	システム	周波数 離隔	許容値 参照 帯域幅	
LTE-A方式(FDD)	10MHzシステム	10MHz	-44.2dBc 9MHz	10MHzシステム	10MHz	-29.2dBc 9MHz	
		20MHz	-44.2dBc 9MHz		-	-	
		7.5MHz	-44.2dBc 3.84MHz		7.5MHz	-32.2dBc 3.84MHz	
		12.5MHz	-44.2dBc 3.84MHz		12.5MHz	-35.2dBc 3.84MHz	
LTE-A方式(TDD)	10MHzシステム	10MHz	-44.2dBc 9MHz	10MHzシステム	10MHz ^{※1}	-50.0dBm 9MHz	
		20MHz	-44.2dBc 9MHz		10MHz ^{※1}	-29.2dBc 9MHz	
3GPP-5G-NR仕様	10MHzシステム ^{※1}	10MHz	-44.2dBc 9.36MHz ^{※4}	10MHzシステム	10MHz ^{※1}	-50.0dBm 9.375MHz	
		20MHz	-44.2dBc 9.36MHz ^{※4}		10MHzシステム	10MHz ^{※1}	-29.2dBc 9.375MHz
		7.5MHz	-44.2dBc 4.5MHz				
		12.5MHz	-44.2dBc 4.5MHz				

©10MHzシステムを代表例として記載。
 ※1: 絶対値規定。 ※2: 相対値規定。 ※3: 4GHz帯以下の場合。 ※4: サブキャリア間隔15kHzとして計算。
隣接チャネル漏洩電力

1. 携帯電話の上空利用拡大に向けた検討の概要

2. 上空利用拡大に向けた共用検討

3. 技術的条件の方向性

4. 携帯電話の上空利用の技術的条件

- 携帯電話事業者から、FDD-LTE方式での高度150m以上での利用や、FDD-NR方式での上空利用について、具体的なニーズがあるとして検討希望が示されたところ。
- 高度150m以上の上空で利用した場合における共用検討を実施したところ、対象周波数のうち、
 - 700MHz帯、1.5GHz帯、3.4/3.5GHz帯については、令和2年3月報告※と同様、他システムとの共用が現実的に可能かどうか、慎重に検討する必要があるという結果が示された。
 - 800MHz帯、900MHz帯、1.7GHz帯、2GHz帯については、現にLTE-Advanced（FDD方式）で上空利用が認められているところ、送信電力制御を適用することにより、NR（5G）方式で利用する場合も含めて、既存システムとの共用は可能との結果が示された。
- 以上を踏まえ、上空利用で用いる周波数については、令和2年3月報告と同様、800MHz帯、900MHz帯、1.7GHz帯及び2GHz帯とし、LTE-Advanced（FDD）方式に加え、FDD-NR（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、TDD方式（2.5GHz帯、3.4/3.5GHz帯）の上空利用における遠方捕捉問題については、高度150m以上の最適な送信電力制御が適用された場合においては、遠方捕捉問題に起因する干渉影響は回避可能であるとの結果が示された。
- TDD方式（全国5G、ローカル5G等含む）の上空利用については、今後、新たなニーズが示された際に、改めて本委員会で技術的条件の検討を行うこととする。

※「新世代モバイル通信システムの技術的条件」のうち「携帯電話を無人航空機等（ドローン等）に搭載して上空で利用する場合の技術的条件」（令和2年3月31日）

■ 最大高度

- ドローンでの150m以上の利用や、ヘリコプターでの利用等、新たなユースケースが出ている状況を踏まえ、携帯電話を搭載したドローン等が高度150m以上に存在する事を前提とした共用検討を行った。
- 検討の結果、前項で特定した上空利用で用いる周波数である800MHz帯、900MHz帯、1.7GHz帯、2GHz帯については、携帯電話を高度150m以上の上空で利用した場合においても共用可能であることが示された。
- 以上を踏まえ、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

- 令和2年3月報告と同様、最適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。

1. 携帯電話の上空利用拡大に向けた検討の概要
2. 上空利用拡大に向けた共用検討
3. 技術的条件の方向性
4. **携帯電話の上空利用の技術的条件**

LTE-Advanced(FDD)の技術的条件

		LTE-Advanced (FDD)
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は、800MHz帯、900MHz帯、1.7GHz帯、2GHz帯)</u>
通信方式		FDD (LTE-A、eMTC) HD-FDD (eMTC、NB-IoT)
多重化方式/ 多元接続方式	下り	OFDM及びTDM
	上り	SC-FDMA
変調方式	基地局	BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
	移動局	BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM (LTE-A) BPSK/QPSK/16QAM (eMTC) $\pi/2$ -BPSK/ $\pi/4$ -QPSK/QPSK (NB-IoT)
占有周波数帯幅の 許容値	基地局	5MHz/10MHz/15MHz/20MHz
	移動局	5MHz/10MHz/15MHz/20MHz (LTE-A)、 1.4MHz (eMTC)、200kHz (NB-IoT)
最大空中線電力 及び空中線電力 の許容偏差	基地局	定格空中線電力の ± 2.7 dB以内
	移動局	定格空中線電力の最大値は23dBm以下
		定格空中線電力の+2.7dB/-6.7dB (LTE-A) 定格空中線電力の+2.7dB/-3.2dB (eMTC) 定格空中線電力の ± 2.7 dB (NB-IoT)
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。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。

第5世代移動通信システム(FDD-NR)の技術的条件

		5G(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は、800MHz帯、900MHz帯、1.7GHz帯、2GHz帯)</u>
通信方式		FDD
多重化方式/ 多元接続方式	下り	OFDM及びTDM
	上り	OFDMA又はSC-FDMA
変調方式	基地局	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
	移動局	$\pi/2$ shift-BPSK/BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
占有周波数帯幅の 許容値	基地局	5MHz/10MHz/15MHz/20MHz
	移動局	5MHz/10MHz/15MHz/20MHz
不要発射強度の値	基地局	占有周波数帯幅毎に隣接チャネル漏えい電力、スペクトラムマスク、スプリアスを規定
	移動局	占有周波数帯幅毎に隣接チャネル漏えい電力、スペクトラムマスク、スプリアスを規定
最大空中線電力 及び空中線電力 の許容偏差	基地局	定格空中線電力の ± 2.7 dB以内
	移動局	定格空中線電力の最大値は23dBm以下
周波数の許容偏差	基地局	$\pm (0.05\text{ppm} + 12\text{Hz})$ 以内(空中線端子あたりの最大空中線電力が38dBmを超えるもの) $\pm (0.1\text{ppm} + 12\text{Hz})$ 以内(空中線端子あたりの最大空中線電力が38dBm以下のもの)
	移動局	$\pm (0.1\text{ppm} + 15\text{Hz})$ 以内
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>

<委員会での検討>

①第22回委員会(令和3年12月24日)

携帯電話等の上空利用の拡大に向けた今後のスケジュールについて検討を行った。

②第23回委員会(令和4年11月7日)

携帯電話の上空利用の拡大に関する委員会報告案及び報告の概要案のとりまとめを行った。

③第〇回委員会(令和〇年〇月〇日)

携帯電話の上空利用の拡大に関する委員会報告及び報告の概要のとりまとめを行った。

<上空利用検討作業班での検討>

①第7回上空利用検討作業班(令和4年8月4日)

事務局から、上空利用検討作業班における主な議題について説明を行ったほか、構成員等から、携帯電話の上空利用に関する新たなユースケースや今後検討を希望する項目等についてプレゼンテーションが行われた。

②第8回上空利用検討作業班(令和4年9月15日)

関係者から、携帯電話等の上空利用のユースケースについてプレゼンテーションが行われたほか、携帯電話を上空で利用した場合の共用検討を行った。

③第9回上空利用検討作業班(令和4年10月31日)

新たなユースケース等を踏まえた携帯電話を上空利用する際の技術的条件案に関する報告書案等について検討を行った。

森川 博之【主査】	東京大学大学院 工学系研究科 教授
三瓶 政一【主査代理】	大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授
伊藤 伸器	パナソニック ホールディングス株式会社 テクノロジー本部 本部長 (第23回～)
岩浪 剛太	株式会社インフォシティ 代表取締役
内田 信行	楽天モバイル株式会社 執行役員 技術戦略本部長
大岸 裕子	ソニーグループ株式会社 R&Dセンター 専任部長
大谷 和子	株式会社日本総合研究所 執行役員 法務部長
岡 敦子	日本電信電話株式会社 常務執行役員 研究企画部門長
加藤 玲子	独立行政法人国民生活センター 相談情報部 相談第2課長
上村 治	ソフトバンク株式会社 渉外本部 本部長代理 兼 電波政策統括室長
河東 晴子	三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 技術統轄
児玉 俊介	一般社団法人電波産業会 専務理事
小西 聡	株式会社KDDI総合研究所 取締役執行役員副所長、先端技術研究所長 兼 KDDI株式会社 技術統括本部 技術戦略本部 副本部長
高田 潤一	東京工業大学 副学長(国際連携担当)・環境・社会理工学院 教授
浜本 雅樹	株式会社NTTドコモ 電波企画室長
藤本 正代	情報セキュリティ大学院大学 教授
藤原 洋	株式会社ブロードバンドタワー 代表取締役会長 兼 社長CEO
町田 奈穂	インテル株式会社 執行役員 第一技術本部本部長
水野 晋吾	富士通株式会社 執行役員常務 システムプラットフォームビジネス部門 副部門長(ネットワーク担当) (兼) フォトニクスシステム事業本部長 (第22回)
三好 みどり	NPO法人ブロードバンドスクール協会 講師/シニア情報生活アドバイザー
山本 祐司	富士通株式会社 システムプラットフォームビジネスグループ 国内キャリアビジネス本部エグゼディレクター (第23回～)
渡辺 望	日本電気株式会社 ネットワークサービスビジネスユニット コーポレート・エグゼクティブ

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 構成員名簿 (敬称略)

山尾 泰	【主任】	電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター客員教授
土屋 武司	【主任代理】	東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
秋本 修		日本無人機運行管理コンソーシアム 事務局長
榮長 悟		全国農業協同組合連合会 耕種総合対策部 次長
大石 雅寿		国立天文台 天文情報センター 周波数資源保護室 室長・特任教授
大島 直到		楽天モバイル株式会社 技術戦略本部 電波部 電波技術課
小竹 信幸		一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター 技術部 技術部長
加藤 康博		一般社団法人電波産業会 研究開発本部 移動通信グループ 担当部長
小鯛 航太		株式会社NTTドコモ 電波企画室 電波企画担当 担当課長
小松 孝明		スカパーJSAT株式会社 宇宙事業部門 新領域事業本部 NTN事業部 第2チーム アシスタントマネージャー
坂本 修		ヤマハ発動機株式会社 ソリューション事業本部 UMS事業推進部 企画部 事業企画グループ 主管
佐野 弘和		ソフトバンク株式会社 渉外本部 電波政策統括室 制度開発室 室長
田中 和也		KDDI株式会社 技術戦略本部 電波部 電波政策グループリーダー
津持 純		日本放送協会 技術局 計画管理部 副部長
長峰 徹昭		農林水産省 農産局 技術普及課 課長
中村 光則		地域BWA推進協議会 BWA推進部会長
成澤 昭彦		一般財団法人移動無線センター 事業本部 事業企画部長
野波 健蔵		一般社団法人日本ドローンコンソーシアム 会長
南 淳一		UQコミュニケーションズ株式会社 執行役員 技術部門長
森本 聡		株式会社フジテレビジョン 技術局 技術戦略部 局次長職 電波担当
山下 史洋		日本電信電話株式会社 アクセスサービスシステム研究所 主幹研究員
和田 昭久		一般社団法人 日本産業用無人航空機工業会 理事
宇田 香織 (オブザーバ)		経済産業省 製造産業局 産業機械課 次世代空モビリティ政策室長
川畑 佳市 (オブザーバ)		警察庁 長官官房 技術企画課長
小熊 弘明 (オブザーバ)		内閣官房 小型無人機等対策推進室 内閣参事官
堀江 信幸 (オブザーバ)		国土交通省 航空局 安全部 安全企画室 参事官 (～第8回)
渡邊 敬 (オブザーバ)		国土交通省 航空局 安全部 安全企画室 参事官 (第9回)
松本 博明 (オブザーバ)		内閣府 規制改革推進室 参事官