

5GHz帯無線LANの上空利用に係る調査検討結果

令和6年6月19日

5.2GHz帯及び6GHz帯無線LAN作業班
事務局

検討開始の背景

- 近年、ドローン等に無線LANの技術が活用されるようになり、5GHz帯周波数の上空利用ニーズ・要望が高まっている。5GHz帯無線LANは、高精細な映像の送受信が可能なことから、橋梁等のインフラ点検や空撮による映像作成などへの拡充が期待されている。
- 現在、我が国では、5GHz帯無線LANのうち5.2GHz帯（条件付き、仰角制限あり）及び5.6GHz帯（DFS機能^(※1)の具備）を屋外で 사용할ことが可能であるが、上空ではいずれの帯域においても利用不可となっている。
- これらを踏まえ、5GHz帯無線LANと既存無線局との周波数共用の可能性を整理し、上空での利用を可能とする条件を明らかにするため、「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」^(※2)のうち5GHz帯無線LANの上空利用に係る技術的条件の検討を開始する。

(※1) Dynamic Frequency Selection: レーダー波を検出した場合に無線LANが干渉を回避する機能。

(※2) 情報通信審議会諮問第2009号（H14.9.30）

■ 検討背景

・周波数再編アクションプラン（令和5年度版）：

5GHz 帯（5.2GHz/5.6GHz 帯）及び 6GHz 帯の無線 LAN が使用している周波数について、他の無線システム等への混信を防止しつつ、上空における更なる利用拡大を図るための検討を行い、令和5年度末頃から、順次方向性をとりまとめる。

・規制改革推進に関する中間答申（令和5年12月26日規制改革推進会議）：

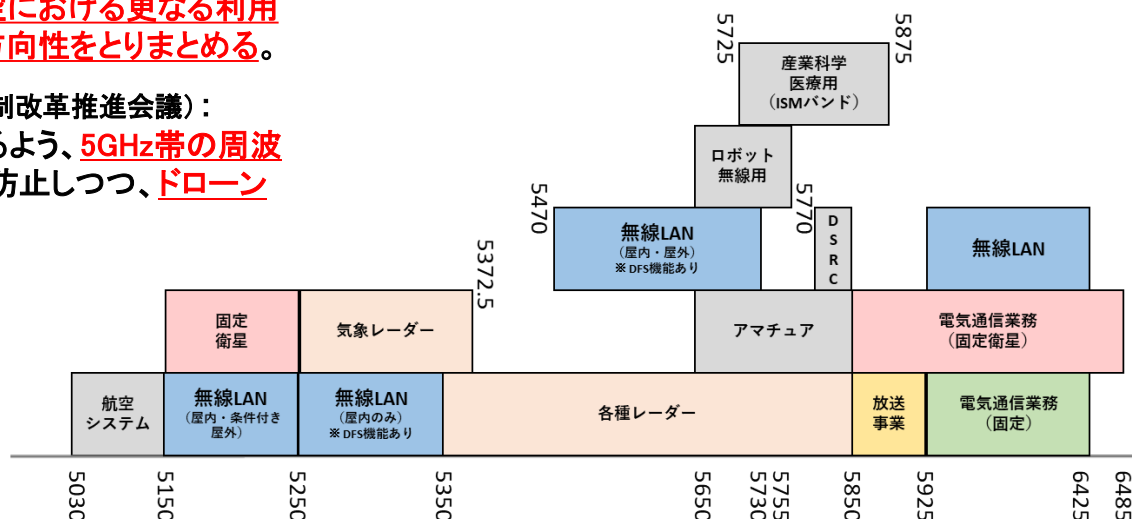
総務省は、多様な分野におけるドローンの利活用を促進するよう、5GHz帯の周波数について、気象レーダー等の無線システム等への混信を防止しつつ、ドローンに利用可能な無線LAN用周波数帯を拡大する。

■ 主な検討項目

5GHz帯無線LANの上空利用に係る技術的条件の検討

- ・ 5GHz帯無線LANと他システムとの周波数共用条件
- ・ 5GHz帯無線LANの上空利用の無線設備の技術的条件

日本の5GHz帯の主な割当て



- 5GHz帯無線LANの屋外利用における現状は以下のとおり。
 - ◆ 5.2GHz帯: 条件付きで屋外利用可能(詳細はP.3参照)、上空利用は不可
 - ◆ 5.3GHz帯: 屋外利用不可
 - ◆ 5.6GHz帯: 屋外利用可能、上空利用は不可
- なお、5.3GHz帯、5.6GHz帯については、DFSの具備に必要なコストがかかる他、レーダー受信による通信断が発生する等利用エリアが限られ使い勝手が悪く、上空利用においてデメリットが多い。なお、平成29年度陸上無線通信委員会報告にも、5.6GHz帯は、ドローンを始めとする無人航空機等システムでの使用が回避されることが必要である旨記載あり(※)。
- 5GHz帯無線LANの上空利用について、令和5年度に技術検討を実施。

※参考: 平成29年度陸上無線通信委員会報告
平成14年9月30日付け諮問第2009号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「5GHz帯無線LAN の周波数帯拡張等に係る技術的条件」のうち「5.2GHz帯及び5.6GHz帯を使用する無線LANの技術的条件」

5.6GHz 帯では、小電力データ通信システムの上空利用に当たりDFS 機能の具備が必須となるため、それがレーダー波を探知した場合には一定時間の停波が必要となる。加えて、今後、無人移動体画像伝送システムの普及が進み、5.6GHz 帯小電力データ通信システムと同一チャネルの利用の増加に伴う干渉確率の増加も見込まれる。このため、いわゆるドローンを始めとする無人航空機等の安全性の確保を考慮すると、上空でそれを遠隔操作する手段としては、5.6GHz 帯小電力データ通信システムの使用が回避されることが必要である。

周波数帯		5.2GHz帯 (5150-5250MHz)	5.3GHz帯 (5250-5350MHz)	5.6GHz帯 (5470-5730MHz)
現状	利用範囲	屋内・屋外(条件付き)	屋内	屋内・屋外
	DFSの可否	不要	必要	必要

5.2GHz帯無線LANの概要

- 5.2GHz帯の周波数利用は、ITU決議229(WRC-19改定)において屋外利用の条件が提示されている。
- 現在、5.2GHz帯の日本の屋外(地上)における利用条件は、
 - ①「5.2GHz帯高出力データ通信システム」の**技術基準適合証明等**を取得した機器であること
 - ②告示に示す「**区域内**」でのみ利用するものであること
 - ③事前に無線局の登録を受けているもの(**登録局**)であること
 という制限がある。
- ①に関しては、衛星への与干渉を考慮し、一台でも多く利用できるよう、我が国では**仰角制限**のある利用条件(以下の図のOption 1)を採用している。また②に関しては、気象レーダーに影響を与えないため「開設区域」を設定し、レーダーと無線LANの必要な離隔を確保している。
- 5.2GHz帯の上空利用に当たっては、上空利用に適した利用条件及び周波数共用条件の検討が必要。

5.2GHz帯無線LANの屋外利用について

根拠規定

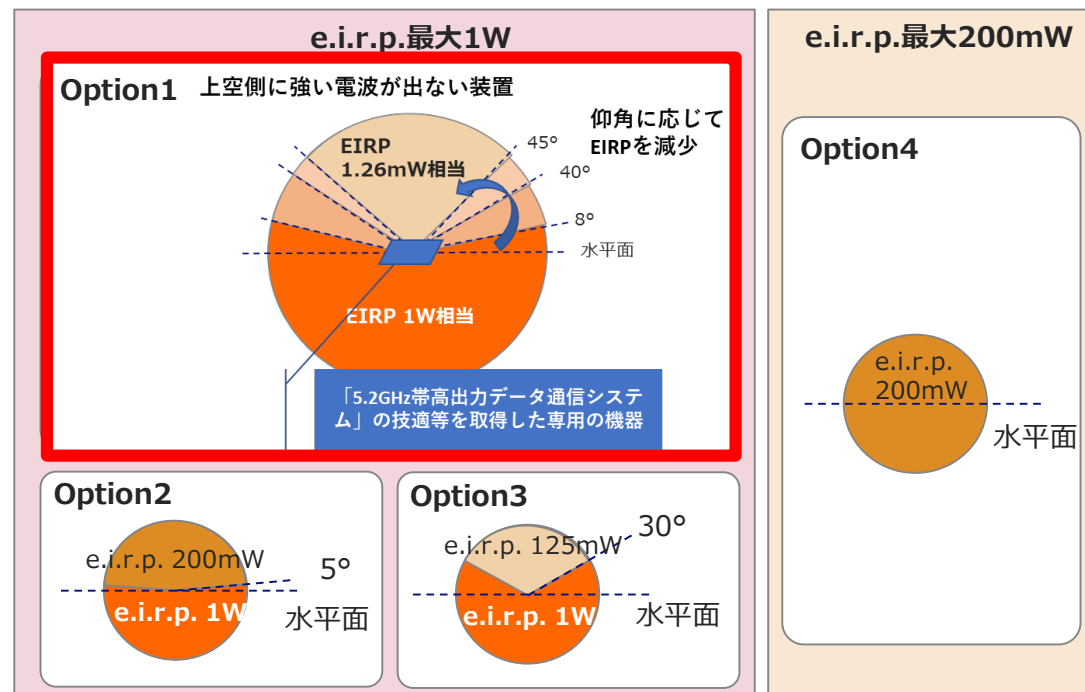
ITU決議229
(WRC-19改訂)

利用条件

- 行政当局は、**最大平均電力200mW**の制御された、及び/または制限された屋外での使用を許可する適切な措置を講じることにより、ある程度の柔軟性を行使することができる。(右図**Option4**)
- 行政当局は、移動サービス局に対し、**最大平均e.i.r.p.30dBm(1W)**までの運用を許可する更なる選択肢を有する。
 - 水平線から測定した5度以上の最大e.i.r.p.が200mW(23dBm)を超えないことを保証するか、または仰角30度以上の最大e.i.r.p.が30dBm(1W)を超えないことを保証すること。(その場合、管理者は、これらの高出力屋外WAS/RLAN基地局の数を推定総数の最大2%までに制御するものとする)(右図**Option2**または**3**)
 - 5.3GHz帯無線LANと同等の仰角制限等を講じること。※(右図**Option1**)

※根拠規定の条文を意識したもの。

屋外利用に係る4つのOption



- ITU決議229(WRC-19改定)で提示された5.2GHz帯無線LANの屋外利用条件のうち日本は**Option1**を、欧州及び英国は**Option4**を採用している。
- 米国は、5.2GHz帯の利用条件に係る規定を留保し、独自の利用条件を規定している。

5GHz帯無線LANに関する諸外国動向

- 5.2GHz帯無線LANの屋外利用について、米国では台数及び仰角等の条件を付している一方、欧州(ドイツ/フランス)及び英国では設置形態のみが条件となっている。
- 上空における利用条件を別途規定している国は、調査した6カ国の中には確認できなかった。

各国の5GHz帯無線LANの技術基準

対象国	5.2GHz帯	5.3GHz帯 (※2)	5.6GHz帯 (※2)
米国	屋内・屋外 (※1) (屋外利用条件あり)	屋内・屋外	屋内・屋外
英国		屋内のみ	
欧州 (ドイツ・フランス)			
中国	屋内のみ	屋内のみ	使用不可
韓国	屋内・屋外 (屋外利用条件不明)		屋内・屋外 (屋外利用条件不明)
日本	屋内・屋外 (屋外利用条件あり)	屋内のみ	屋内・屋外

(※1) 英国、及び欧州の5.2GHz帯無線LANにおいて、屋外利用可能な帯域は5170～5250MHzのみ

(※2) 5.3GHz帯、5.6GHz帯はDFS機能の具備が必要。

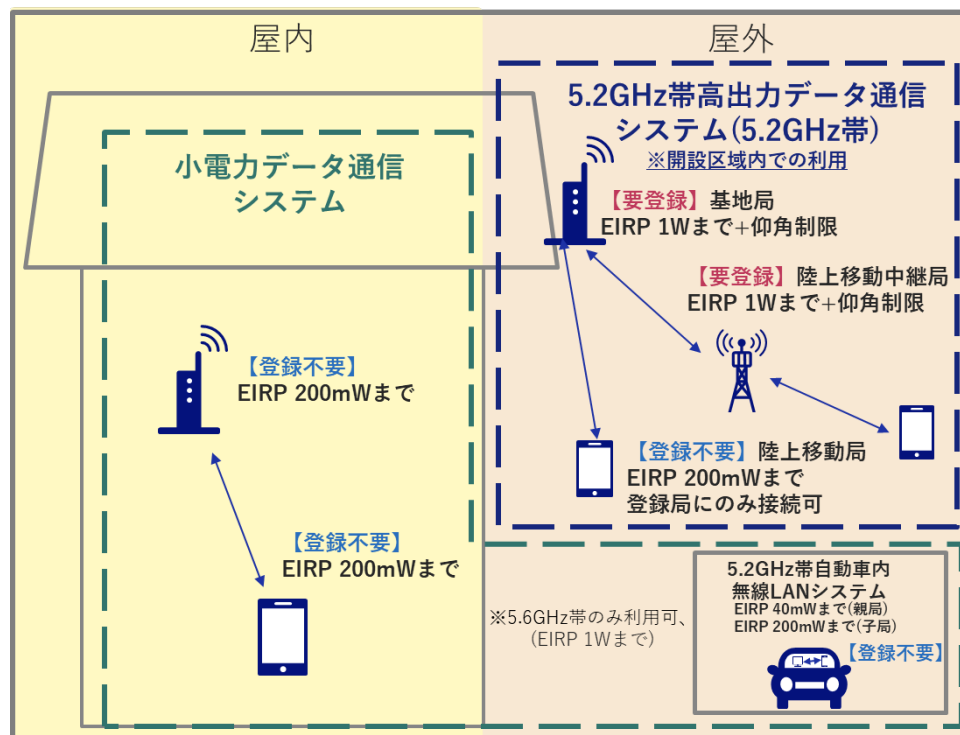
5GHz帯無線LANにおける新たな利用ニーズ

- 5GHz帯無線LANの屋外利用の新規ユースケースとしては、ドローン利用の他、高所クレーン利用や中継利用等が想定され、これらのユースケースを踏まえた周波数共用の技術的条件の検討が必要。
- 5GHz帯のうち、5.3GHz帯及び5.6GHz帯はDFS機能の具備が必須であり、レーダーの電波を受信すると通信が一時的に断絶する等、ドローン等による上空運用において支障が懸念される。
- 上の2つの事項を鑑み、今回は主として**5.2GHz帯の上空利用**について検討を進めることとしたい。

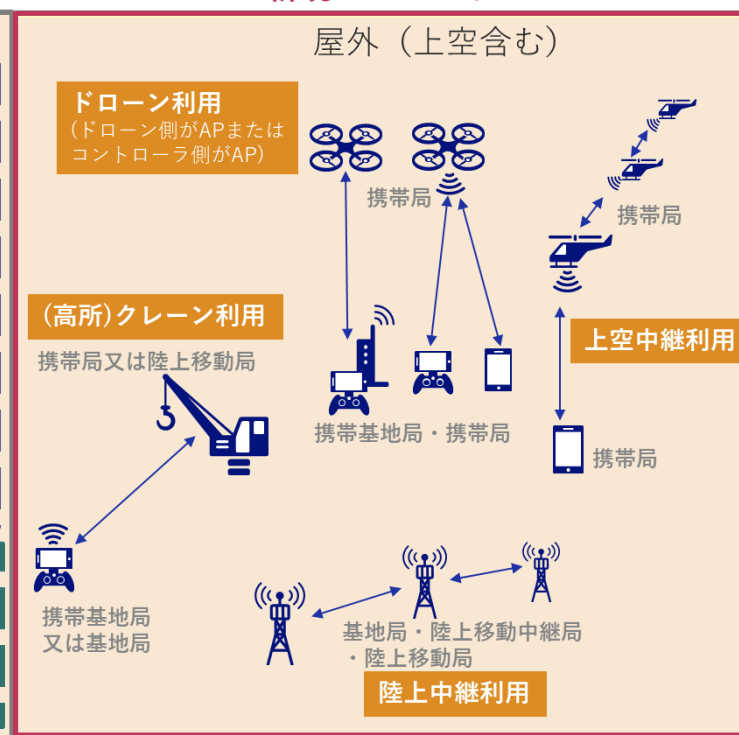
屋内利用
 屋外利用

📶 マークがある側がAPの想定

既存のユースケース



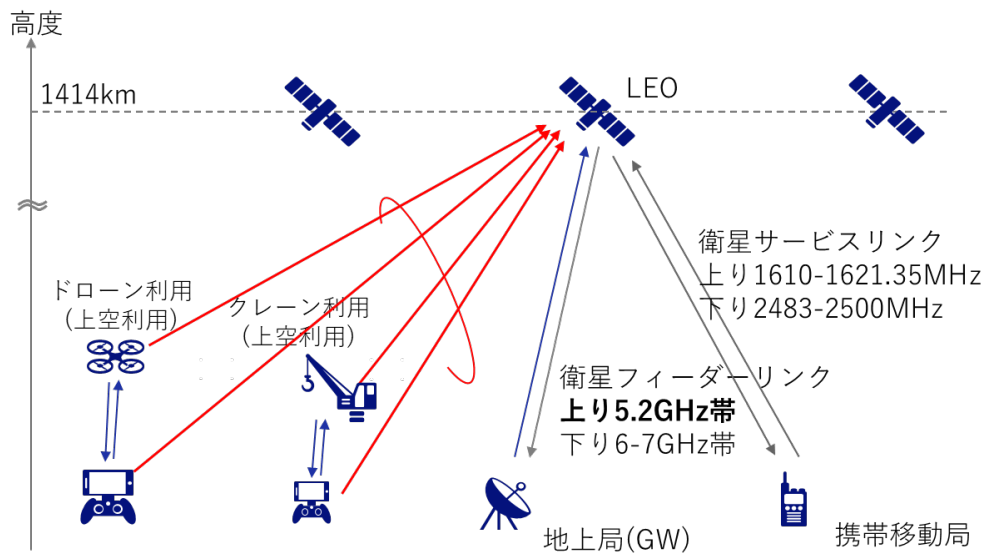
新規のユースケース



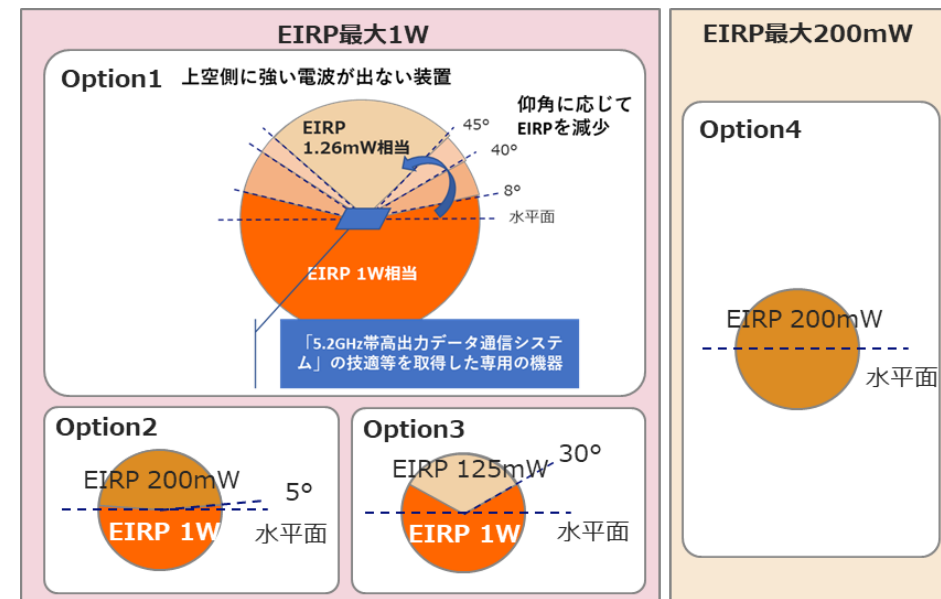
5.2GHz帯無線LANと衛星フィーダリンクとの周波数共用検討

6

- 5.2GHz帯無線LANの屋外・上空利用により衛星フィーダリンクに与える干渉量を、数値計算により検証。
- 令和3年度の自動車で利用の拡張検討の計算モデルを用いて、無線LANシステムの稼働条件をパラメータとして、許容干渉値に対するマージン及び許容運用台数を算出。
- ドローンが上空で利用する形態等を考慮し、仰角制限に係る条件(ITU決議229(WRC-19改定)の各Option及びOption1, 4の併用)の影響を評価。



周波数共用検証概要図



ITUで決議された5.2GHz帯無線LANの仰角制限

5.2GHz帯無線LANと衛星フィーダリンクとの周波数共用検討結果

7

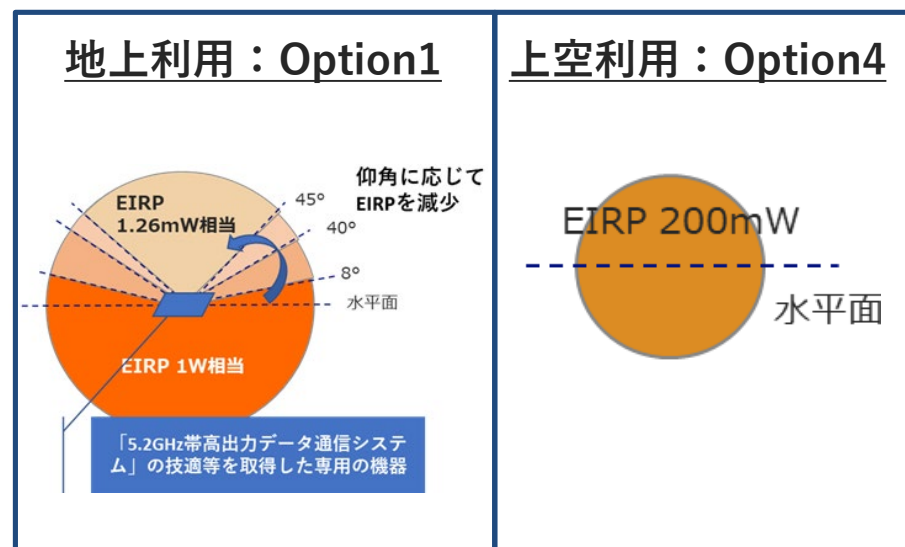
- 1,414km上空にある衛星から地上にある無線LANを見た場合の使用する高度による違いの影響は小さく、衛星への与干渉という観点では、屋外利用と上空利用は同等に扱える(表1)。
- 全ての無線LANをOption4の運用に見直した場合、衛星への干渉量が増大するためマージンの確保が厳しくなる。そのため、Option4の運用は上空利用のみに限定させるなどの制限が必要である。また、仰角規制の見直しと許容台数は、トレードオフの関係があるため、想定される使用台数を踏まえた見直しが適当である。
- 現状の屋外(地上)利用で採用しているOption1と上空利用時のみOption4を併用することにより、**135万台**の屋外無線LAN機器を収容できることが確認できた(表2)。ただし、これまでどおり、登録局として国が台数管理をしっかりと行うことが適当である。

(表1) 上空利用の影響評価

無線LAN機器の高度	0m	150m	3km
I/N(dB)	-13.67	-13.67	-13.66
マージン(dB)	1.47	1.47	1.46

(表2) 仰角制限の影響評価

Option	Option1	Option1,4 併用 (1:1)
I/N(dB)	-13.67	-10.79
マージン(dB)	1.47	-1.41
日本における屋外無線LAN機器の許容台数(万台)	507	許容干渉値を満たすためには 135万台 に制限する必要がある



5.2GHz帯無線LANの利用Option案

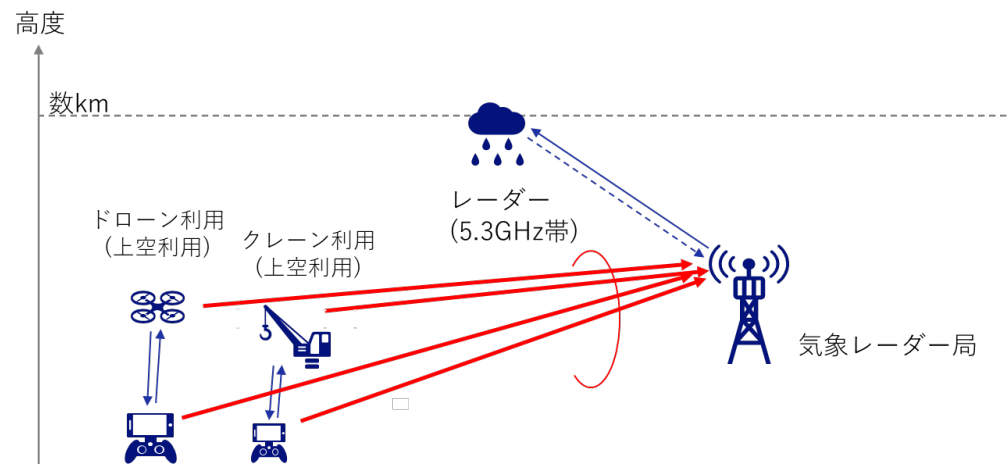
5.2GHz帯無線LANと5.3GHz帯気象レーダーとの周波数共用検討

8

- 5.2GHz帯無線LANの屋外・上空利用による、隣接帯域を使用する5.3GHz帯気象レーダーへの与干渉量を計算により検証。また、気象レーダーの許容干渉値を満足する離隔距離を算出。
- 一例として、気象レーダーのメインローブ内における無線LANの同時送信台数を10台^(※)とした場合、上空利用所要離隔距離は約26.5kmになる。

(※) 5.2GHz帯無線LANを上空で利用した場合、気象レーダーのメインローブ内で何台のドローンが干渉を与えるかの検討を行った。屋外・上空利用する基地局の許容台数が135万台であることを踏まえ、上空利用する無線LAN機器が日本の国土内に一様分布するものと仮定すると、気象レーダーのメインローブ内で同時送信する無線LANの台数は以下のとおり計算できることから、上空における無線LANの同時送信台数を10台と設定した。

$1,350,000 \text{台} \div 2 \text{ (上空利用、屋外利用の比率を1:1とした場合の上空利用する無線LAN機器の最大数)} \times 0.0036 \text{ (衛星フィードリンクの周波数共用検証で使用したパラメータ)} \times 1,396.26 \text{km}^2 / 378,000 \text{km}^2 \text{ (日本国土の面積に対するレーダーの最大カバーエリアの比率)} = 8.98 \text{台}$



周波数共用検証概要図

$$d = 10^{\left(\frac{P_t - P_r + G_r - 20 \log \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right)}{20} \right)}$$

P_r : 気象レーダーの許容干渉受信電力(dBm)
 P_t : 無線LANの帯域外漏洩電力(dBm)
 G_r : 気象レーダーの空中線利得(dBi)
 λ : 波長(m)

所要離隔距離の計算式

所要離隔距離の評価結果

	所要離隔距離(m)
上空利用無線LAN機器1台	8,374
上空利用無線LAN機器10台	26,479

- 5.2GHz帯無線LANの上空利用に関しては、既存の5.2GHz帯高出力データ通信システムの陸上移動局の技術的条件及び5.2GHz帯小電力データ通信システムの無線局の技術的条件(平成30年情通審第7号)を基本的に適用してよいか。
- 技術的条件のうち、ドローンの運用形態を考慮すると、仰角制限は、ITU決議229 (WRC-19 改定)の Option4を用いることとしてよいか。また、その際に衛星への与干渉量と許容台数の考慮が適当なことから、屋外(地上)利用はこれまでどおりOption1とするのが適当か。
- 衛星フィーダリンクへの与干渉量を考慮して、台数制限を設けることは必要か。
- 許容台数管理のため、屋外(地上)利用と同様、上空で利用される無線局も登録制は必要か。上空で利用される場合には、アクセスポイントに加えステーションも登録制にすべきか。
- 平成16年の検討において、市街地等で高度30m付近に設置される無線アクセスシステムは、気象レーダーに近接して利用しても運用上支障はないと考えられた。今回の議論の対象となるドローン等においても、同様に地上高30m付近までの高度で飛行していても運用上支障ないものと考えられることにより、ドローンの上空利用は地上高30mまで制限することが適当であるか。
- 他方、ドローンは突風等により想定外に飛行ルートから外れることが考えられるため、メインローブ内にドローンが入り込んだ場合においても気象レーダーに支障のない離隔距離が必要である。その際の所要離隔距離は、事前検討の結果を踏まえて、原則26.5kmを目安とすることが適当であるかどうか(P.8参照)。ただし、気象レーダーへの与干渉を個別に審査し、ビルや山等の障害物がある場合には、所要離隔距離を個別に判断する余地があるか。