

情報通信審議会 情報通信技術分科会

陸上無線通信委員会 報告

(案)

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

「無線LANシステムの高度化利用に係る技術的条件」のうち

「5GHz帯無線LANの上空利用に係る技術的条件」

令和6年10月24日

陸上無線通信委員会

目次

I.	検討事項	1
II.	委員会及び作業班の構成	1
III.	検討経過	1
IV.	検討の概要	3
	第1章 検討の背景	3
	第2章 5GHz 帯無線 LAN の概要	4
	2.1. 5GHz 帯無線 LAN の概要	4
	2.2. 国内の 5GHz 帯無線 LAN の現状と動向	6
	2.3. 国外の 5GHz 帯無線 LAN の現状と動向	7
	2.4. 5GHz 帯無線 LAN における新たな利用ニーズ	13
	2.5. 国内の 5GHz 帯の各帯域における上空利用の適否について	16
	第3章 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に対する要求条件	18
	3.1. 必要な EIRP	18
	第4章 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る他の無線システムとの周波数共用条件	20
	4.1. 周波数共用検討の条件	20
	4.2. 個別システムとの周波数共用検討結果	22
	第5章 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る技術的条件	28
	5.1. 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用の導入イメージ	28
	5.2. 一般的条件	29
	5.3. 無線設備の技術的条件	31
	第6章 制度化に向けた諸課題	43
	6.1. 共用台数の管理方法	43
	6.2. 開設区域の設定	43
	第7章 今後の検討課題	44
V.	検討結果	45
	別添	46
	別表 1	51
	別表 2	52
	参考資料	54

I. 検討事項

陸上無線通信委員会（以下「委員会」という。）は、情報通信審議会諮問第 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」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）のうち、「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち「5GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る技術的条件」について検討を行った。

II. 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は別表 1 のとおりである。

検討の促進を図るため、委員会の下に設置されている 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班（以下「作業班」という。）において、5GHz 帯無線 LAN の上空利用の導入のための技術的条件について調査を実施した。

作業班の構成は別表 2 のとおりである。

III. 検討経過

1 委員会における検討

① 第 86 回陸上無線通信委員会（令和 6 年 6 月 20 日）

「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 の上空利用に係る技術的条件」の検討開始並びに 5GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る技術的条件に関する調査の進め方の検討を行った。

② 第 87 回陸上無線通信委員会（令和 6 年 10 月 24 日）

作業班において取りまとめられた中間報告の検討を行った。このうち、5GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る技術的条件について取りまとめられた報告(案)の検討を行った。

③ 第 88 回陸上無線通信委員会（令和 6 年 12 月 5 日）

5GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る技術的条件についてパブリックコメントの結果を踏まえ、提出された意見に対する考え方及び委員会報告を取りまとめた。

2 作業班における検討

① 第 11 回 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班（令和 6 年 6 月 19 日）

5GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る技術的条件の検討開始に至る経緯説明、5GHz 帯無線 LAN の標準化動向及び利用動向に関する説明がなされ、今後の検討の進め方等の検討を行った。

- ② 第 12 回 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班（令和 6 年 7 月 22 日）
5GHz 帯無線 LAN の上空利用のための既存無線システムとの周波数共用条件の検討に資するシミュレーション条件の整理を行った。
- ③ 第 13 回 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班（令和 6 年 9 月 30 日）
シミュレーション結果等を踏まえ、5GHz 帯無線 LAN の上空利用のための既存無線システムとの周波数共用条件の検討を行った。
- ④ 第 14 回 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班（令和 6 年 10 月 18 日）
5GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る技術的条件について作業班報告を取りまとめた。

IV. 検討の概要

第1章 検討の背景

近年、ロボットやドローン等の利用拡大により、無線 LAN を屋外・上空で利用するニーズがあるが、チャンネル数が不足している状況にあり、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。

これを受け、令和 5 年度版周波数再編アクションプランや規制改革推進に関する中間答申においても、5GHz 帯無線 LAN の上空利用の検討を行う旨の記載がされており、重視されているところである。

周波数再編アクションプラン（令和 5 年度版）（令和 5 年 12 月 20 日公表）（抜粋）

II 無線 LAN の更なる高度化と周波数拡張等、他 2 箇所

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、順次方向性を取りまとめる。

規制改革推進に関する中間答申（令和 5 年 12 月 26 日公表）（抜粋）

（物流）ドローンの事業化による物流の効率化等

ア 無人航空機（ドローン）の事業化に向けた環境整備

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。

このような背景を踏まえ、5GHz 帯無線 LAN の上空利用に必要な技術的条件の検討を行った。

第2章 5GHz 帯無線 LAN の概要

2.1. 5GHz 帯無線 LAN の概要

5GHz帯無線LANは、平成12年に5.2GHz帯（5150–5250MHz）（以下、5.2GHz帯と表記）、平成17年に5.3GHz帯（5250–5350MHz）（以下、5.3GHz帯と表記）を屋内利用に限定する形で制度整備され、平成19年には、屋外で利用可能な周波数として5.6GHz帯（5470–5725MHz、令和元年に5470–5730MHzに拡張）（以下、5.6GHz帯と表記）が追加され、平成30年には5.2GHz帯の屋外利用も条件付きで可能となった。

特に、5.2GHz帯については、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会等を見据え、競技場内における無線LANのつながりやすさを確保する観点から、情報通信審議会において5.2GHz帯を使用する無線LANの技術的条件に関して検討を行い、平成30年2月13日に一部答申がなされた。情報通信審議会答申を踏まえ、平成30年5月9日の電波監理審議会において、5.2GHz帯無線LANの利用拡大（屋外利用、EIRP 1W化）に必要な技術基準等を定める答申を受け、制度整備が行われた。

5.2GHz帯無線LANについては屋外での利用を可能とし、EIRP 1W相当まで出力可能な無線LANアクセスポイント（中継器を含む）を用いた基地局と陸上移動中継局（中継器）を登録局の対象とするとともに、陸上移動局（端末）を免許不要局とし、これに対応するシステムを「5.2GHz帯高出力データ通信システム」と称することとした。また、技術面において、当該登録局から衛星方向への電波発射を低減するため、仰角に応じてEIRPを制限し、技術基準を策定している。

また、5.2GHz 帯無線 LAN の屋外利用を可能とするため、既存の無線システムへの影響を与えないように以下の条件を満足する必要がある。

1. 人工衛星に影響を与えないこと。
2. 台数を把握するために登録局とすること。
3. 気象レーダーに影響を与えないこと。

1. については使用するアンテナの仰角方向への電力制限、3. については気象レーダーに影響を与えない場所を限定するなどの対策を行うことで被干渉側無線局への干渉軽減を行っている。

図 2-1-1 に 5.2GHz 帯高出力データ通信システムの屋外利用のための共用条件の詳細を、また、表 2-1-1 に 5.2GHz 帯高出力データ通信システムの主な技術基準を示す。

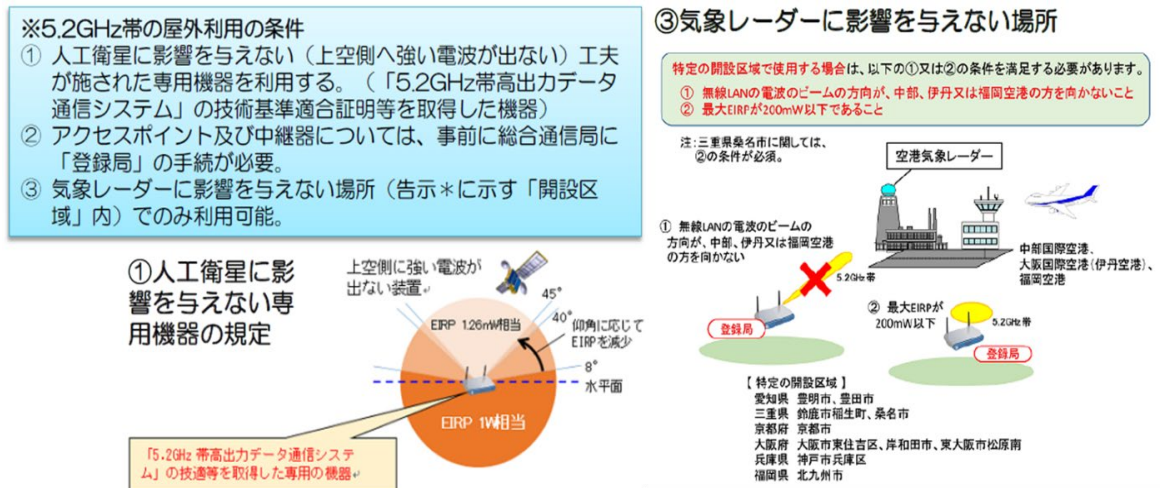


図 2-1-1 5.2GHz 帯高出力データ通信システムの屋外利用のための共用条件

表2-1-1 5.2GHz帯高出力データ通信システムの主な技術基準

5.2GHz帯高出力データ通信システムの主な技術基準		
無線局の種別	(AP)基地局、(中継器)陸上移動中継局	(端末)陸上移動局
等価等方輻射電力 (最大EIRP)	最大1W相当とし、仰角に応じて制限を設ける。 （例）占有周波数帯幅が19MHz以下のとき、 仰角 8° 未満 : -13dBW/MHz(50mW/MHz) 以下 仰角 8° 以上40° 未満 : -13-0.716(θ-8)dBW/MHz 以下 仰角 40° 以上45° 未満 : -35.9-1.22(θ-40)dBW/MHz 以下 仰角 45° 以上 : -42dBW/MHz(0.063mW/MHz) 以下	現在の小電力データ通信システムと同様 (最大200mW相当)
帯域外漏えい電力	EIRP値で規定されているため、最大EIRPの引き上げ(+7dB)に伴い、帯域外漏えい電力も同様に引き上げる。	現在の小電力データ通信システムと同様
その他機能	通信相手の陸上移動局が使用するチャネルや電波の送信を制御する機能	通信相手の基地局又は陸上移動中継局からの制御を受けて通信する機能

現在我が国では、5.2GHz 帯(条件付き)及び 5.6GHz 帯を屋外で使用することは可能である一方で、上空利用については、5.2GHz 帯/5.3GHz 帯/5.6GHz 帯のいずれの帯域においても利用不可である。図 2-1-2 に我が国における 5GHz 帯の主な周波数割当て状況を示す。

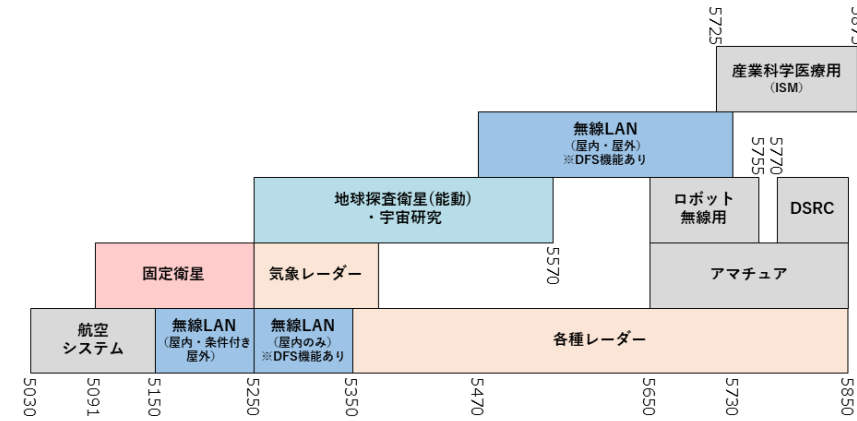


図 2-1-2 我が国における 5GHz 帯の主な周波数割当て状況

2.2. 国内の 5GHz 帯無線 LAN の現状と動向

表 2-2-1 に、令和 6 年 10 月 1 日現在の 5.2GHz 帯高出力データ通信システムの基地局及び陸上移動中継局の登録状況を示す。

今後、スタジアムなどの建て替えに伴い、5.2GHz 帯高出力データ通信システムの利用が拡大するものと思われる。

表 2-2-1 5.2GHz 帯高出力データ通信システムの基地局等の登録状況

5.2GHz帯高出力データ通信システムの無線局設備のうち基地局に係るもの

登録人の氏名又は名称	登録の所轄総合通信局	登録の年月日	登録の有効期間	
エヌ・ティ・ティ・ブロードバンドプラットフォーム株式会社 法人番号1010001079404	関東総合通信局	令5.6.1	令10.5.31	東京都312局
株式会社ティー・エル・エス 法人番号2010001127021	関東総合通信局	令2.6.1	令7.5.31	東京都 4 局
日産自動車株式会社 法人番号9020001031109	関東総合通信局	令4.9.28	令9.5.31	栃木県 1 局

5.2GHz帯高出力データ通信システムの無線局設備のうち陸上移動中継局に係るもの

登録人の氏名又は名称	登録の所轄総合通信局	登録の年月日	登録の有効期間	
株式会社ティー・エル・エス 法人番号2010001127021	関東総合通信局	令2.6.1	令7.5.31	東京都17局
日産自動車株式会社 法人番号9020001031109	関東総合通信局	令4.9.28	令9.5.31	栃木県 8 局

総務省電波利用ホームページ無線局等情報検索（令和 6 年10月 1 日現在）

2.3. 国外の 5GHz 帯無線 LAN の現状と動向

2.3.1. 諸外国における 5GHz 帯無線 LAN の動向

① 米国

米国では、連邦通信委員会（FCC）が連邦規則（CFR）を策定している。5GHz 帯無線 LAN に関しては FCC Part15 Subpart C 及び E で規定されており、5.2GHz 帯、5.3GHz 帯、5.6GHz 帯（5470-5725MHz）、5.8GHz 帯（5725-5850MHz）の利用が可能である（5.2GHz 帯から 5.8GHz 帯の主な技術基準については表 2-3-1 から表 2-3-4 を参照）。

5GHz 帯における最近の動向としては、令和 3 年 4 月に 5650-5925MHz 帯を含む周波数帯域を商用宇宙打ち上げ事業用に割り当てるためのコンサルテーションを実施したほか、令和 5 年 1 月に 5030-5091MHz 帯を無人航空機用に割り当てるためのコンサルテーションを実施したことが挙げられる。

② 英国

英国では、英国通信庁（Ofcom）が無線機器規則を策定している。5GHz 帯無線 LAN に関しては「IR-2017」及び「IR-2030」で規定されており、5.2GHz 帯、5.3GHz 帯、5.6GHz 帯（5470-5725MHz）、5.8GHz 帯（5725-5850MHz）の利用が可能である（5.2GHz 帯から 5.8GHz 帯の主な技術基準については表 2-3-1 から表 2-3-4 を参照）。

5GHz 帯における最近の動向としては、令和 4 年 12 月に無人航空機システム（UAS）に利用できる周波数帯域として 5091-5150MHz 帯等を提示したほか、令和 5 年 3 月に策定した「IR-2030」において、5.2GHz 帯の周波数帯域のうち 5170-5250MHz 帯の屋外・上空利用を許可し、Transmit Power Control (TPC) の要件を撤廃したことが挙げられる。

（5170-5250MHz 帯の屋外・上空利用の許可は、令和 4 年 7 月に欧州電気通信標準化機構（ETSI）が 5GHz 帯無線 LAN に係る利用条件を変更した「EN 301 893」を受けての措置である。）

③ ドイツ

ドイツでは、連邦ネットワーク庁（BNetzA: Bundesnetzagentur）が電気通信法 No. 136/2022 及び No. 49/2023 を根拠に 5GHz 帯無線 LAN の技術基準等を規定しているが、基本的には ETSI の定める基準を採用しており、5.2GHz 帯、5.3GHz 帯、5.6GHz 帯（5470-5725MHz）の利用が可能である（5.2GHz 帯から 5.6GHz 帯の主な技術基準については表 2-3-1 から表 2-3-3 を参照）。

5GHz 帯における最近の動向としては、令和 4 年 7 月に ETSI が 5GHz 帯無線 LAN に係る利用条件を変更した「EN 301 893」を受け、5.2GHz 帯の条件付き屋外使用及び UAS による 5170-5250MHz の使用を可能にしたほか、5.6GHz 帯の利用条件の緩和（最大 EIRP 1W まで）を行ったことが挙げられる。

④ フランス

フランスでは、電子通信郵便規制庁（Arcep）が郵政電気通信法を根拠に 5GHz 帯無線 LAN の技術基準等を規定しているが、基本的には ETSI の定める基準を採用しており、5.2GHz 帯、5.3GHz 帯、5.6GHz 帯（5470-5725MHz）の利用が可能である（5.2GHz 帯から 5.6GHz 帯の主な技術基準については表 2-3-1 から表 2-3-3 を参照）。

5GHz 帯における最近の動向としては、令和 4 年 7 月に ETSI が 5GHz 帯無線 LAN に係る利用条件を変更した「EN 301 893」を受け、5.2GHz 帯の条件付き屋外使用及び UAS による 5170-5250MHz の使用を可能にしたほか、5.6GHz 帯の利用条件の緩和（最大 EIRP 1W

まで)を行ったことが挙げられる。

⑤ 中国

中国¹では、工業情報化省(MIIT)が無線管理条例を根拠に、No. 2002-277号、No. 2012-620号、No. 2021-129号等の通知において5GHz帯無線LANの技術基準等を規定しており、5.2GHz帯、5.3GHz帯、5.8GHz帯(5725-5850MHz)の利用が可能である(5.2GHz帯から5.8GHz帯の主な技術基準については表2-3-1から表2-3-4を参照)。

5GHz帯における最近の動向としては、平成29年に5.8GHz帯の使用を解禁し、条件付きで屋外利用を可能にしたほか、令和3年10月に5.3GHz帯におけるDFS/TPC機能を必須化したこと、令和5年6月に5.2GHz帯及び5.8GHz帯におけるIEEE802.11beの導入に係るコンサルテーションを実施したことが挙げられる。

⑥ 韓国

韓国では、科学技術情報通信部(MSIT)が無線設備規則を根拠にNo. 2019-105号等の通知において5GHz帯無線LANの技術基準等を規定しており、5.2GHz帯、5.3GHz帯、5.6GHz帯(5470-5710MHz)、5.8GHz帯(5710-5850MHz)の利用が可能である(5.2GHz帯から5.8GHz帯の主な技術基準については表2-3-1から表2-3-4を参照)。

5GHz帯における最近の動向としては、平成30年6月に5.2GHz帯における最大空中線電力を50mWから200mWへ、最大空中線利得を6dBiから7dBiへ変更したほか、平成30年12月に5710-5730帯を無線LANに開放したこと(それにより5.8GHz帯は5710-5850MHzとなった)、ドローンの制御とミッションのデータリンク用に、それぞれ5030-5091MHzと5091-5150MHzの専用周波数を割り当てたことが挙げられる。

¹中国本土の調査結果であり、香港等における状況は異なる可能性がある。

表 2-3-1 諸外国における 5. 2GHz 帯の技術基準

	免許の要否	屋外利用の可否	空中線電力 (最大空中線電力及び許容偏差)	最大EIRP	スペクトル密度	不要発射	副次的に発射する電波等の限度	アンテナゲイン (空中線利得)	DFS(動的周波数選択)	TPC(送信出力制御)
米国	不要 *1,000台以上のAP設置には届出を要する	屋外可	親局: 1W(30dBm) 子局: 250mW(24dBm)	—	>50mW(17dBm)/MHz	対域外の全ての不要発射 >-50mW(-27dBm)/MHz	規定なし	6dBi *それ以上の場合は、利得に応じ低減	要 *検出閾値>-62dBm	不要 *EIRP500mW(27dBm)以上の場合は要
英国	不要	屋外可 (※1)(※2)	—	200mW(23dBm) *道路通送車両内で減衰制限を満たせない場合、最大平均40mWの減衰	>10mW(10dBm)/MHz	—	—	—	不要	不要
欧州 (ドイツ/フランス)	不要	屋外可 (※1)(※2)	—	200mW(23dBm) *TPCを具備しない場合は3dBm低減	>10mW(10dBm)/MHz *TPCを具備しない場合は3dBm低減	~1GHz:-36or-54dBm/100kHz 1GHz~:-30dBm/MHz	30MHz~1GHz:>-57dBm 1GHz~26GHz:>-47dBm	—	不要	要
中国	不要	屋内限定	(許容偏差) >20×10 ⁻⁶	200mW(23dBm) *TPCを具備しない場合は3dB低減	>10mW(10dBm)/MHz *TPCを具備しない場合は3dB低減	—	—	—	要 *検出閾値>-62dBm	要 *TPC範囲は6dB<
韓国	不要	屋外可	—	200mW(23dBm)	>10mW(10dBm)/MHz	アンテナ絶対利得を含む平均電力:>-500mW(27dBm)/MHz	—	>7dBi	不要	不要

(※1)航空機外での空中使用は5170-5250MHz帯のみ可

(※2)屋外で使用される場合、機器は、固定された屋外アンテナ、固定されたインフラ、または道路走行車両の外装に取り付けてはならない。

表 2-3-2 諸外国における 5. 3GHz 帯の技術基準

	免許の要否	屋外利用の可否	空中線電力 (最大空中線電力及び許容偏差)	最大EIRP	スペクトル密度	不要発射	副次的に発射する電波等の限度	アンテナゲイン (空中線利得)	DFS(動的周波数選択)	TPC(送信出力制御)
米国	不要	屋外可	>250mW	—	5470-5725MHz:>12.6mW(11dBm)/MHz	帯域外の全ての不要発射:>-500mW(-27dBm)/MHz	—	6dBi *それ以上の場合は、利得に応じ低減	要	不要 *EIRP500mW(27dBm)以上の場合は要
英国	不要	屋内限定	—	200mW(23dBm)	>10mW(10dBm)/MHz	—	—	—	要	要
欧州 (ドイツ/フランス)	不要	屋内限定	—	>23dBm(200mW) *TPCを具備しない場合は3dBm低減	>10mW(10dBm)/MHz *TPCを具備しない場合は3dBm低減	~1GHz:-36or-54dBm/100kHz 1GHz~:-30dBm/1MHz	30MHz~1GHz:>-57dBm 1GHz~26GHz:>-47dBm	—	要	要
中国	不要	屋内限定	(許容偏差) >20×10 ⁻⁶	23dBm(200mW) *TPCを具備しない場合は3dB低減	10dBm/MHz以下 *TPCを具備しない場合は3dB低減	—	—	—	要 *検出閾値>-62dBm	要 *TPC範囲は6dB<
韓国	不要	屋外可	—	100mW(20dBm)	>10mW(10dBm)/MHz	アンテナ絶対利得を含む平均電力:>-27dBm/MHz	—	—	要	要

表 2-3-3 諸外国における 5.6GHz 帯の技術基準

	免許の要否	屋外利用の可否	空中線電力 (最大空中線電力及び許容偏差)	最大EIRP	スペクトル密度	不要発射	副次的に発射する電波等の限度	アンテナゲイン (空中線利得)	DFS(動的周波数選択)	TPC(送信出力制御)
米国	不要	屋外可	250mW(24dBm)	—	>12.6mW(11dBm)/MHz	対域外の全ての不要発射 >-27dBm/MHz	—	6dBi *それ以上の場合は、利得に応じ低減	要	不要 *EIRP500mW(27dBm)以上の場合は要
英国	不要	屋外可	—	1W	>50mW(27dBm)/MHz	—	—	—	要	要
欧州 (ドイツ/フランス)	不要	屋外可	—	1W(30dBm) *TPCを具備しない場合は3dBm低減	>50mW(17dBm)/MHz *TPCを具備しない場合は3dBm低減	~1GHz:-36or-54dBm/100kHz 1GHz~:-30dBm/1MHz	30MHz~1GHz:-57dBm 1GHz~26GHz:-47dBm	—	要	要
中国	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
韓国	不要	屋外可	200mW 50mW/MHz	100mW(20dBm)	>10mW(10dBm)/MHz	アンテナ絶対利得を含む平均電力:>-500mW(27dBm)/MHz	—	—	要	要

表 2-3-4 諸外国における 5.8GHz 帯の技術基準

	免許の要否	屋外利用の可否	空中線電力 (最大空中線電力及び許容偏差)	最大EIRP	スペクトル密度	不要発射	副次的に発射する電波等の限度	アンテナゲイン (空中線利得)	DFS(動的周波数選択)	TPC(送信出力制御)
米国	不要	屋外可	上空利用の送信電力: 1W以下	—	>4W(36dBm)/500kHz	>-500mW(-27dBm)/MHz	—	6dBi *それ以上の場合は、利得に応じ低減	要	不要 *EIRP500mW(27dBm)以上の場合は要
英国	~200mW: 不要 200mW~4W: 要	~200mW: 屋内限定 200mW~4W: 屋外可	—	免許なし: 200mW(23dBm) 免許あり: 4W(36dBm)	免許なし: >10dBm(10mW)/MHz 免許あり: >23dBm(100mW)/MHz	—	—	—	免許なし: 不要 免許あり: 要	要
欧州 (ドイツ/フランス)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
中国	不要 ※屋外利用の場合は必要	屋外可	上空利用の送信電力:>27dBm(500mW) *許容偏差 >20×10 ⁻⁶	2W(33dBm)	>80mW(19dBm)/MHz	—	—	—	不要	不要
韓国	不要	屋外可	—	200mW(23dBm)	>10mW(10dBm)/MHz	アンテナ絶対利得を含む平均電力:>-500mW(-27dBm)/MHz	—	—	不要	不要

2.3.2. 諸外国における 5GHz 帯無線 LAN の屋外利用の可否

米国では、5.2GHz 帯から 5.8GHz 帯の 4 つの周波数帯域において、いずれも屋外で利用することが可能となっている。英国では、5.3GHz 帯のみ屋内利用に限定されるが、5.2GHz 帯、5.6GHz 帯、5.8GHz 帯は屋外で利用することが可能である（ただし、5.2GHz 帯で屋外利用が可能なのは 5170-5250MHz に限られる。）。ドイツ及びフランスでは、5.3GHz 帯のみ屋内利用に限定されるが、5.2GHz 帯及び 5.6GHz 帯は屋外で利用することが可能である（ただし、英国と同様、5.2GHz 帯で屋外利用が可能なのは 5170-5250MHz に限られる。）。中国

では、5. 2GHz 帯及び 5. 3GHz 帯は屋内利用に限定されており、屋外利用が可能なのは 5. 8GHz 帯のみである。韓国では、5. 2GHz 帯から 5. 8GHz 帯の 4 つの周波数帯域において、いずれも屋外で利用することが可能となっている。

対象国	監督機関	根拠法令	屋外利用の可否、及び屋外利用条件の有無			
			5.2GHz帯 (5150～5250MHz)	5.3GHz帯 (5250～5350MHz)	5.6GHz帯 (5470～5725MHz) ※日本のみ～5730MHz	5.8GHz帯 (5725～5850MHz) ※米国のみ～5895MHz
米国	連邦通信委員会 (FCC)	・ FCC Part15 Subpart C/E	屋内・屋外 (屋外利用条件あり)	屋内・屋外	屋内・屋外	屋内・屋外
英国	通信庁(Ofcom)	・ ETSI EN 301.893(準拠) ・ 無線機器規則(SI 2017/1206) ・ IR2017, IR2030	屋内・屋外※1 (屋外利用条件あり)	屋内のみ	屋内・屋外	屋内・屋外 (屋外利用条件あり)
欧州	ドイツ 連邦ネットワーク庁 (BNetzA)	・ ETSI EN 301.893 ・ 電気通信法 ・ No.136/2022, No.49/2023	屋内・屋外※1 (屋外利用条件あり)	屋内のみ	屋内・屋外	使用不可
	フランス 電子通信郵便規制庁(Arcep)	・ ETSI EN 301.893 ・ 郵政電気通信法第32条				
中国	工業情報化省(MIIT)	・ 無線管理規則 ・ No.2002-277号, No.2012-620号, No.2021-129号 等	屋内のみ	屋内のみ	使用不可	屋内・屋外 (屋外利用条件あり)
韓国	科学技術情報通信部(MSIT)	・ 電波法第45条 ・ 無線設備規則第19条 ・ No.2019-105号 等	屋内・屋外 (屋外利用条件不明)	屋内・屋外 (屋外利用条件不明)	屋内・屋外 (屋外利用条件不明)	屋内・屋外 (屋外利用条件不明)
【参考】日本	総務省(MIC)	・ 電波法第28条, 38条 等 ・ 無線設備規則第49の20 ・ 総務省告示第223号 等	屋内・屋外 (屋外利用条件あり)	屋内のみ	屋内・屋外	使用不可

(※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

図 2-3-1 諸外国における 5GHz 帯無線 LAN の屋外利用の可否

なお、屋内と屋外を分けるポイントとして、欧州では「屋内」を「天井または屋根があり、かつドアまたは窓または通路を除き、全体が密閉されている敷地内」(ECC Decision (04) 08)、英国では「他のサービスとの共有を容易にするために必要な減衰を通常提供する閉鎖空間内」(UK IR-2016) とそれぞれ定義している。

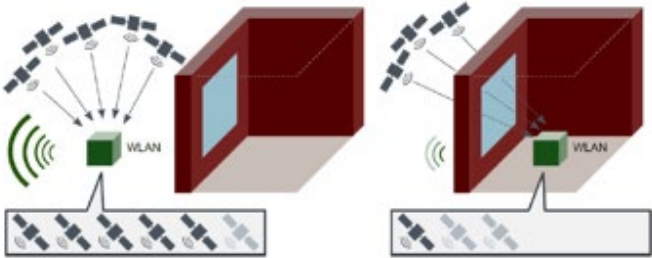


図 2-3-2 屋外・屋内環境のイメージ²

次に、米国、欧州、英国、中国における屋外利用条件の有無を調査した。米国及び欧州では、5. 2GHz 帯を屋外において利用できる条件を別途規定している。英国では、5. 2GHz 帯及び 5. 8GHz 帯を屋外において利用できる条件を別途規定している。中国では、5. 8GHz 帯を屋外において利用できる条件を別途規定している。³

² (出典) ETSI「EN 301 893」を参考に作成。
³ ドイツ及びフランスは、欧州連合の加盟国であり、両国とも ECC (欧州電気通信委員会) 等の定める規定を準用していることから、まとめて欧州として記載している。また、韓国は公表されている情報により 5.2GHz 帯等の屋外利用条件について確認できなかったことから、記載していない。

表 2-3-5 諸外国における屋外利用条件の有無

	W52 (5150~5250MHz)	W53 (5250~5350MHz)	W56 (5470~5725MHz) ※日本のみ~5730MHz	W58
米国	屋外での利用条件を 別途規定	屋外利用条件を 別途規定せず	屋外利用条件を 別途規定せず	屋外利用条件を 別途規定せず (5725~5895MHz)
欧州	屋外での利用条件を 別途規定	屋外利用不可	屋外利用条件を 別途規定せず	屋内含め使用不可
英国	屋外での利用条件を 別途規定	屋外利用不可	屋外利用条件を 別途規定せず	屋外での利用条件を 別途規定(免許制) (5725~5850MHz)
中国	屋外利用不可	屋外利用不可	屋内含め使用不可	屋外での利用条件を 別途規定(免許制) (5725~5850MHz)
【参考】日本	屋外での利用条件を 別途規定	屋外利用不可	屋外利用条件を 別途規定せず	屋内含め使用不可

以下、米国、欧州、英国、中国における 5.2GHz 帯または 5.8GHz 帯の屋外利用条件について記載する。

① 米国における 5.2GHz 帯の屋外利用条件

米国では、CFR47 § 15.407 において、以下の条件を付している。

- ・屋外 AP の場合、6dBi 以上の利得アンテナを使用する場合は、利得が 6dBi を超えた分だけ送信機出力とスペクトラム密度を低減しなければならない。また、最大電力スペクトル密度は、どの 1MHz 帯域でも 17dBm を超えてはならない。
- ・地平線から測定した 30 度を超える仰角での最大 EIRP は 125mW (21dBm) を超えてはならない。
- ・合計 1,000 を超える屋外 AP を設置する場合は、この帯域の免許サービスへの有害な干渉が発生した場合、是正措置を講じる必要があることを認める書簡を委員会に提出しなければならない。

② 欧州における 5.2GHz 帯の屋外利用条件

欧州では、ECC Decision(04)08 において、5.2GHz 帯を屋外で使用する場合、機器を固定して使用してはならないと規定している。⁴

③ 英国における 5.2GHz 帯または 5.8GHz 帯の屋外利用条件

英国では、UK IR-2030 において、5.2GHz 帯を屋外で使用する場合、機器を固定して使用してはならないと規定している。⁵

また、英国では屋外利用に免許制を導入しており、端末を登録すれば、最大 EIRP 4W、最大平均 EIRP 密度 23dBm/MHz まで使用可能とされている。ただし、5.8GHz 帯の屋外利

⁴ “If used outdoors, equipment shall not be attached to a fixed outdoor antenna, fixed infrastructure or to the external body of road vehicles” (ECC Decision (04)08)

⁵ “Outdoor use is permitted provided that the equipment must not form part of a fixed outdoor installation.” (UK IR-2030)

用には DFS 及び TPC の具備が必要⁶であり、かつ固定使用のみ認められる。

④ 中国における 5.8GHz 帯の屋外利用条件

中国では、管理有关事宜的通知(工信部无(2021)129号)において、屋外 AP を設置・使用する場合は、所在地の省、自治区、直轄市の無線通信管理機関において無線通信局の免許証を取得する必要があると規定している。

2.4. 5GHz 帯無線 LAN における新たな利用ニーズ

諸外国において 5GHz 帯無線 LAN が屋外・上空で利用されている事例を調査し、特に 5.2GHz 帯の将来的な活用可能性について考察する。

2.4.1. ドローンを活用するケース

ア. ドローンショーにおける、5.2GHz 帯を用いた群飛行のケース（日本）

屋外でドローンを利用するケースとして、5.2GHz 帯と 2.4GHz 帯と併用することで、使用可能なチャネルを増やし、接続可能なドローン数を増加させる事例が確認された。

本事例では、5.2GHz 帯は地上の親局とドローン間の通信で使用している。実験局としての運用であったため、上空では 5.2GHz 帯を使用できず、ドローンが飛行を開始した後は 5.2GHz 帯を無効化し、2.4GHz 帯無線 LAN を使用している。

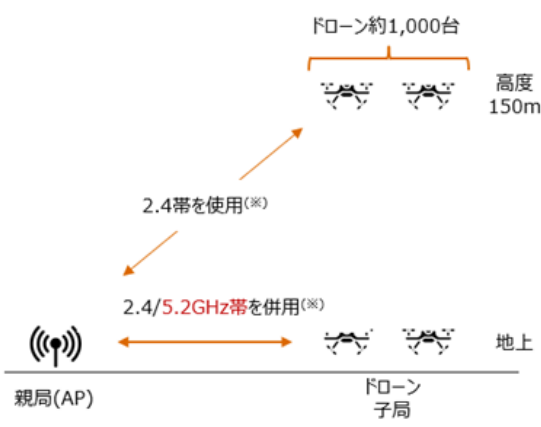
ケース タイトル	ドローンショーにおける、5.2GHz帯無線LANの利用ケース	
背景・課題	- 従来のドローンショーでは2.4GHz帯無線LANを用いていたが、使用可能なチャネル数、及び1つのアクセスポイントあたりに接続可能なドローンの数が少なく、開催できるドローンショーの台数に制限があった。 5.2GHz帯の屋外利用に係る実験局免許を取得することで、飛行できるドローン台数を増加させることが期待された。 - 上空利用は障害物がなく各種レーダーに干渉する可能性が高まるため、5.2GHz帯無線LANは地上のみで使用。	
活用 イメージ	5.2GHz帯は地上にある親局(AP)とドローンの通信で使用。 - 上空では5.2GHz帯を使用できない条件であったため、ドローンが飛行を開始した後は5.2GHz帯を無効化し、2.4GHz帯無線LANを使用。 2.4GHz帯、5.2GHz帯(及び920MHz帯)を使用 - メインは2.4GHz帯及び5.2GHz帯であり、双方向通信しているが、機能しない場合に備えて補助的に920MHz帯を使用。(920MHz帯は単方向通信であり、親局からドローンに対してのみ送信) - ドローンが親局になることはない。 - 地上の親局からドローン設置エリアまでは通常10-30m程度、高度は最大150m。	 ※いずれの場合も、機能しないケースに備えて補助的に920MHz帯を使用している。
成果	2.4GHz帯と5.2GHz帯を併用することで、ドローン約1,000台の同時飛行に成功した。	

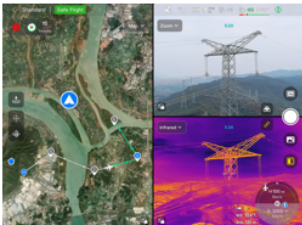
図 2-4-1 ドローンショーにおける 5.2GHz 帯を用いた群飛行のケース

⁶ 英国での 5.8GHz 帯の屋外利用には DFS 及び TPC の具備が必要だが、英国の周波数割当表において、5.8GHz 帯(5725-5850MHz)にレーダー等への割当ては行っていない。ただし、同帯域においては、例外的に国防省と軍事目的で周波数の使用に合意することができるとされており、実際に当該帯域において軍事レーダー等の使用が行われている旨の記載も確認できる。

イ. 高速大容量のペイロード通信を可能にするケース（米国/欧州/英国）

5. 2GHz 帯無線 LAN を使用することにより、高画質の映像伝送を可能にする事例が確認された。

本事例において、ドローンは 900MHz/2. 4GHz/5. 2GHz/5. 8GHz の各周波数帯域を利用可能であるが、5GHz 帯無線 LAN を使用することにより、リアルタイム画質(1080p/60fps)や低遅延(150 ミリ/秒未満)を実現している。また、マルチチャネル投影スクリーンや、AR シーン等最新技術を用いたライブビュー映像が伝送可能である。

ケース タイトル	大容量での映像伝送や、ドローン同士の自律的な通信・接続が可能なドローン	
主な特徴	900MHz、2.4GHz、5.2GHz、5.8GHzの各周波数帯域を利用。 5GHz帯無線LANを使用することにより、リアルタイム画質(1080p/60fps)や低遅延(150ミリ/秒未満)を実現。 - マルチチャネル投影スクリーンや、ARシーン等最新技術を用いたライブビュー映像を伝送可能。	
活用 イメージ	マルチチャネルプロジェクションスクリーン  RGBカメラ、赤外線、ナイトビジョン、広角映像の同時出力に対応。	ARシーン  ジオロケーションデータや他の航空機の位置情報をリアルタイムで地図上にオーバーレイ表示。
製品 詳細	製品名	・ Autel社製「EVO Max 4T」
	主な諸元 (画像伝送機能)	- 本体周波数：5.2GHz（米国、欧州、英国地域にのみ適用）及び5.8GHz - 画像伝送機能適応周波数：5.8GHz - 本体送信電力(EIRP)：5.8GHz: <27dBm（米国/中国）, <14dBm（欧州）、5.15-5.25GHz: <23dBm（米国/欧州/英国）、5.65-5.755GHz: <27dBm（日本）

(出典) <https://drone.kmtech.jp/autel-evo-max>,
<https://www.autelpilot.com/blogs/news/autel-max-4t-2023-top-multi-drone-mapping>

図 2-4-2 FPV（一人称視点）ドローンにおいて大容量のペイロード通信を可能にするケース

いずれのケースにおいても、5. 2GHz 帯の屋外利用が可能になることで、チャンネル数の増加やペイロード通信の向上等、現在国内で使用できる周波数帯域（主に 2. 4GHz 帯）と比較して新たな用途が生まれることが考えられる。

【参考】諸外国においてドローンとの通信に利用される周波数帯域

ドローンとの無線通信には、制御信号（以下、C2 リンク）、ドローンの状態に関する信号（テレメトリー通信）、カメラ等の画像情報に関する信号（以下、ペイロード通信）が存在する。中でも、大容量の通信が求められるペイロード通信に関しては、5GHz 帯無線 LAN が用いられる例が少なくない。

諸外国では、5. 2GHz 帯/5. 6GHz 帯/5. 8GHz 帯を利用するケースが確認できたが、5. 6GHz 帯は DFS 規制があるため多くは用いられず、米国、英国、中国、韓国では 5. 8GHz 帯を利用するケースが多い。

なお、欧州では無線 LAN としての 5. 8GHz 帯の利用は認められていないが、同帯域は SRD（Short Range Device）として利用可能とされており、ドローンとの通信においても同帯域が利用されている。

2.4.2. ドローン以外のユースケース

ア. 二輪車における多機能ドライビングレコーダーのケース（米国/欧州/英国）

二輪車の前後に搭載したドライビングレコーダーと運転者のスマートフォンを5.2GHz 帯無線 LAN で接続し、高画質の映像伝送を可能にする事例が確認された。

ドライビングレコーダーに内蔵された 5GHz 帯無線 LAN (5.2GHz 帯対応) により、ビデオのプレビュー、カメラ設定の変更に加え、ライディングビデオのスマートフォンへのダウンロード、ソーシャルメディアへの共有等を行うことが可能となっている。また、2.4GHz 帯無線 LAN では対応できなかった、高画質（4K Ultra HD）の映像伝送も可能となっている。

ケース タイトル	多機能な高画質映像を伝送できるドライビングレコーダー
主な特徴	- 内蔵の5GHz帯無線LAN(5.2GHz帯対応)により、ビデオのプレビュー、カメラ設定の変更に加え、ライディングビデオのスマートフォンへのダウンロード、ソーシャルメディアへの共有等を行うことが可能 2.4GHz帯無線LANでは対応できなかった、4K Ultra HDの映像伝送が可能
活用 イメージ	ネットワークイメージ  二輪車の前後に設置したドライブレコーダーとライダーが携帯するスマートフォンを5.2GHz帯で接続。 ARモード 
製品 詳細	製品名 VANTRUE社製「Falcon1 4K+1080P Motorcycle Dash Cam」
	主な諸元 (画像伝送機能) - 周波数：5GHz帯無線LAN (5.2GHz/5.8GHz帯) - 欧州では、5.8GHz帯は無線LANではなく、SRDシステムとして利用可能 - その他主要機能：走行距離統計機能、GPSモジュール

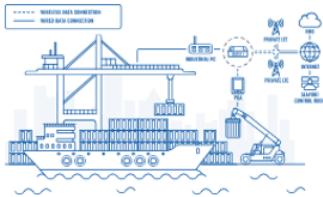
(出典) <https://device.report/manual/6960508>, <https://www.youtube.com/watch?v=SRI750H9vVo>

図 2-4-3 二輪車での高画質ドライビングレコーダーのケース

イ. クレーンにおける遠隔操作を可能にするケース（米国）

港湾及び船上におけるクレーンの遠隔監視や、操作を行うための手段として 5GHz 帯無線 LAN を使用する事例が確認された。

5GHz 帯無線 LAN を用いることで、港湾等における全ての機器に同時接続できるようになったほか、低遅延での操作が可能になっている。

ケース タイトル	5.2GHz帯等を用いた、港湾でのクレーン通信システム	ケース タイトル	5.8GHz帯を用いた、船上でのクレーン通信システム
背景・課題	港湾運営における可視性・効率性を図るため、港湾における全ての機器をネットワークに接続し、各機器が通信可能とする必要があった。	背景・課題	激しい波の揺れ等により、船上クレーンに使用するネットワークが頻繁に停止していたため、クレーンの160平方キロメートル幅の運用エリアを維持しながら、船上にある機器を遠隔監視・通信・操作する安定したネットワークの構築する必要があった。
活用 イメージ	ネットワーク構成イメージ 	活用 イメージ	船上クレーンの作業イメージ 
ソリューション	デュアルWi-Fi機能により、PDA、産業用PC等複数デバイスの接続が可能になり、港内のすべての車両とクレーンが、安全で信頼性の高い同一のネットワークに接続された。	ソリューション	- 船上クレーン上に5GHz帯MIMOのアンテナを備えた「FASTシステム」を配置、陸上に「FASTシステム」とセクターごとに5GHz帯MIMOのアンテナを配置することで、積み下ろしエリア全体のネットワークを構築。 - 船上クレーン全てに100Mbpsの通信を提供し、最大16km以上離れた運用エリアであっても、安定した高速PTPリンクを提供することが可能になった。

(出典) <https://teltonika-networks.com/use-cases/smart-city/seaport-wireless-connectivity>

(出典) https://medium.com/bats-pathline/connected-floating-crane-communications-for-transshipment-and-maritime-trade-196acdf4b7fa_

図 2-4-4 クレーンにおける遠隔監視・操作のケース

ドローン以外のケースについても、従来の 2.4GHz 帯と比較して大容量通信や遅延の少ない通信を行う際に 5.2GHz 帯等の無線 LAN が使用されており、一定のニーズがあることが確認された。

2.5. 国内の 5GHz 帯の各帯域における上空利用の適否について

表 2-5-1 に 5GHz 帯無線 LAN の各周波数帯における屋外・上空利用可否を示す。屋外利用が可能な周波数帯としては、5.2GHz 帯の高出力データ通信システム及び 5.6GHz 帯の小電力データ通信システムとなっている。一方で、上空利用が可能な周波数帯は、現状、5GHz 帯の無線 LAN としては存在しない。

また、5.2GHz 帯は DFS 機能の要求がない帯域である一方、5.3GHz 帯及び 5.6GHz 帯に関しては、DFS 機能の要求がある帯域となっている。DFS 機能の要求がある周波数帯は、既存システムからの信号検出により通信遮断が発生する可能性があり、ドローン等による上空運用においては、安全面等への支障が懸念されることから、5.2GHz 帯の上空利用について検討を進めることとした。

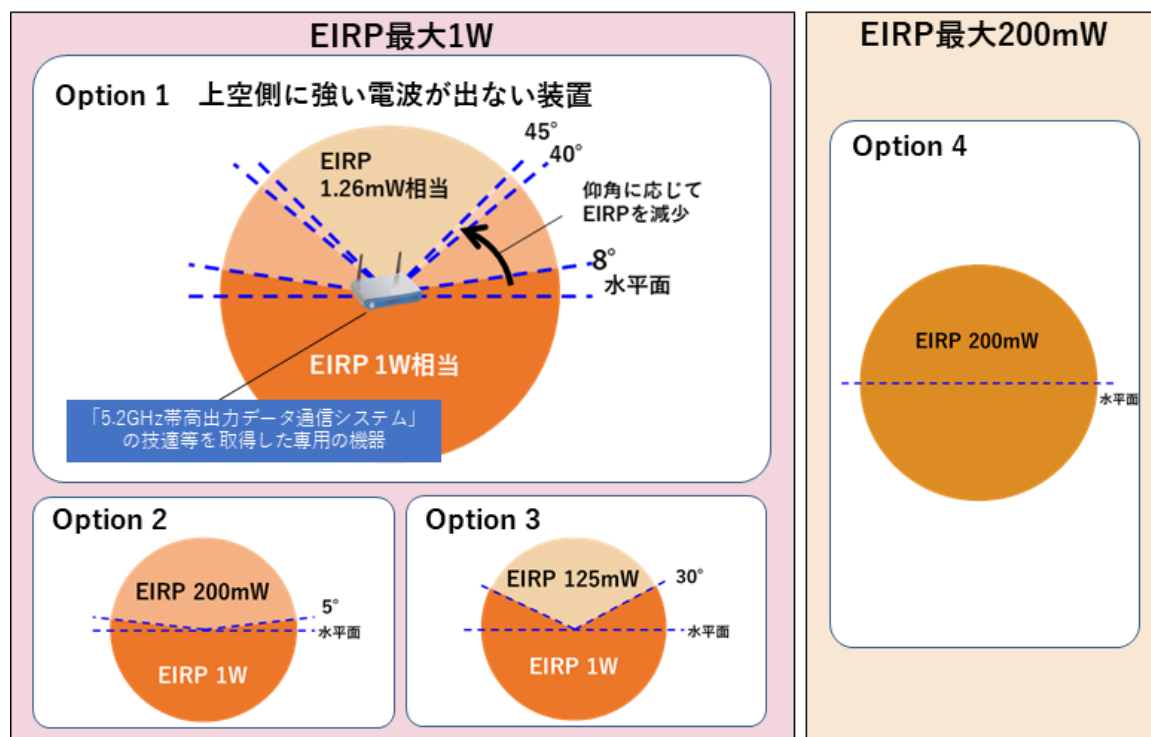
表 2-5-1 国内の 5GHz 帯無線 LAN の各周波数帯における屋外・上空利用可否

周波数帯 [MHz]	システム名	屋外利用	上空利用	DFS 要求
5. 2GHz 帯 5150-5250	小電力データ通信システム	不可	不可	無
	5. 2GHz 帯高出力データ通信システム	条件付き可		
5. 3GHz 帯 5250-5350	小電力データ通信システム	不可		有
5. 6GHz 帯 5470-5730	小電力データ通信システム	可		

第3章 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に対する要求条件

3.1. 必要な EIRP

現状、国内における 5.2GHz 帯無線 LAN の地上屋外利用（5.2GHz 帯高出力データ通信システム）については、衛星システムに影響を与えないよう、図 3-1-1 で示す決議 229（WRC-19 改定）における 5.2GHz 帯の屋外利用条件に基づいた仰角制限が設けられており、日本では Option 1 を採用している。



Option 1	最大 EIRP 1W まで利用できるが、地平線から測定して 8 度から 45 度の仰角では角度に応じて EIRP を減少させるものとする。
Option 2	最大 EIRP 1W まで利用できるが、地平線から測定して 5 度を超える仰角では 200mW を超えてはならない。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。
Option 3	最大 EIRP 1W まで利用できるが、地平線から測定して 30 度を超える仰角では 125mW を超えてはならない。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。
Option 4	屋外において最大 EIRP 200mW まで利用できる。

図 3-1-1 決議 229（WRC-19 改定）における 5.2GHz 帯の屋外利用条件

図 3-1-2 に EIRP が 1.26mW、200mW、1W の場合における受信電力の距離特性を示す。ここでは、自由空間損失モデルを仮定し、受信機のアンテナゲイン及び損失は考慮していない。無線 LAN の場合、受信電力は少なくとも -70dBm 程度ないと安定的な通信が困難とされているが、1.26mW の場合、距離が 20m 以上となると -70dBm を満足しなくなることが分かる。ドローン等の上空利用を想定すると、カバーエリアがかなり限定され、期待されている使わ

れ方とかけ離れることが考えられる。一方で、EIRP が 200mW の場合、受信電力が -70dBm を下回る距離は、約 200m 程度であり、橋梁等のインフラ点検や空撮による映像作成、農薬散布等、一定のユースケースによる利用が見込まれる。

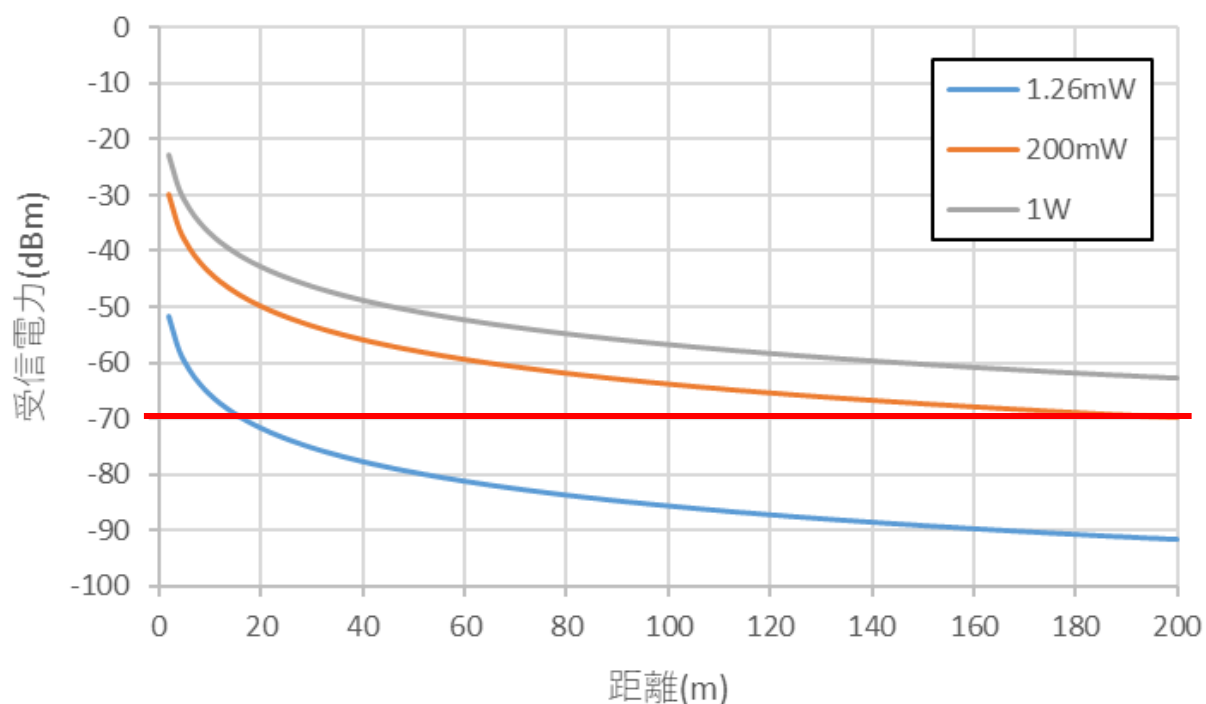


図 3-1-2 上空利用時の受信電力の距離特性

また、ドローン側に仰角制限がある場合、上空を飛行するドローンにおいて、自然環境による姿勢制御への影響が大きいことや、コントローラ側に仰角制限がある場合、人が持ってコントローラを操作することを想定すると、規制を遵守することが困難になる状況も考えられる。

以上から、上空利用時のカバーエリアを広げ、使用できるユースケースを広げるため、5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用における EIRP の上限値として、Option 4 を採用し、仰角によらず 200mW を上限とすることが望まれる。

第4章 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る他の無線システムとの周波数共用条件

4.1. 周波数共用検討の条件

4.1.1. 共用検討システムの概要

今回の検討周波数となる 5.2GHz 帯（5150～5250MHz）は、世界的に固定衛星業務（地球から宇宙。非静止衛星システムによる移動衛星業務（MSS フィーダリンク））に分配されている。

また、隣接する 5.3GHz 帯（5250～5350MHz）は、我が国では既に気象レーダーや地球探査衛星等での利用があり、周波数共用の検討が必要となる。

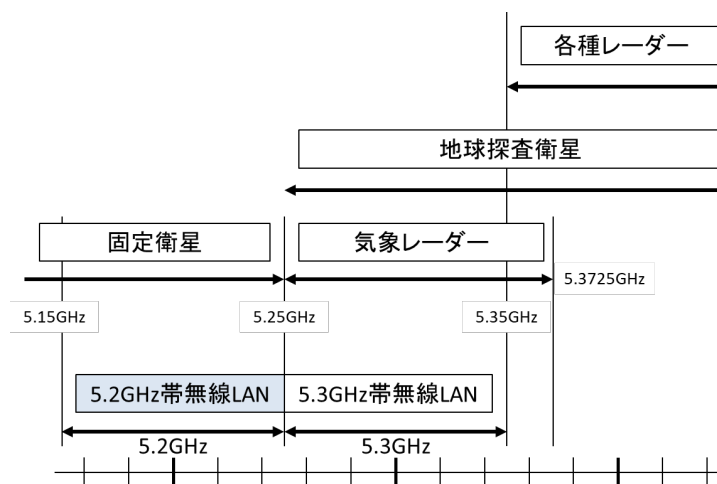


図 4-1-1 5.2GHz 帯の使用状況

4.1.2. 非静止衛星システムによる移動衛星業務（MSS フィーダリンク）の利用状況

5.2GHz 帯においては、5091～5250MHz で GS（Globalstar）が MSS フィーダリンク（アップリンク）に使用している。

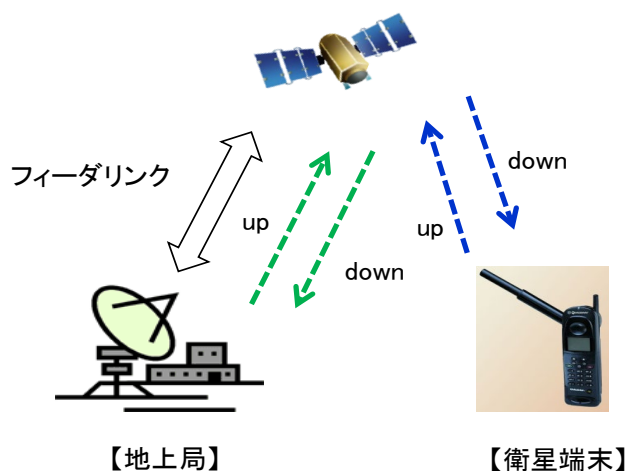


図 4-1-2 Globalstar システムの概要

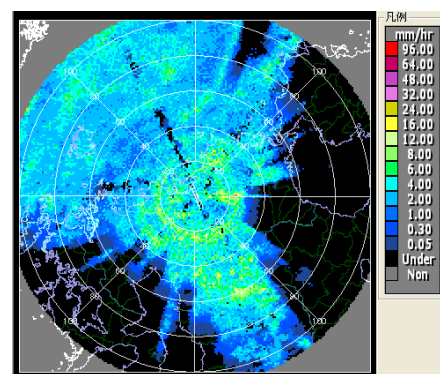
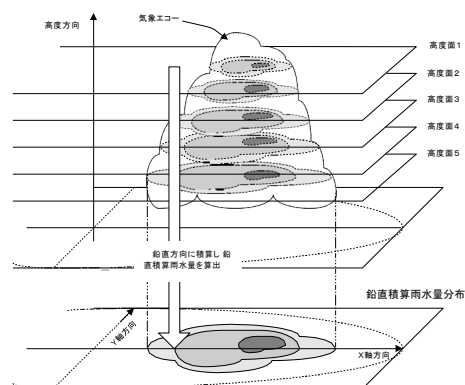
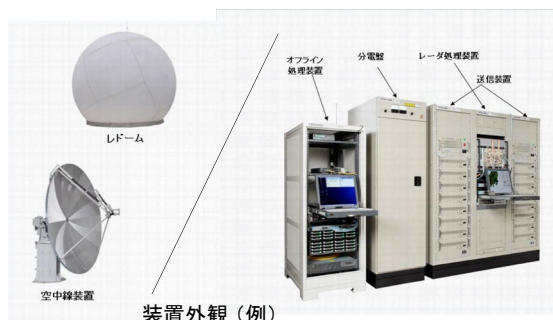
4.1.3. 5. 3GHz 帯気象レーダー

5250～5372.5MHz の周波数を主として利用する気象レーダーは、台風・集中豪雨・突風等を検知し、国民の生命・財産を守るための防災情報を発信する重要なインフラであり、雨や雪の分布の観測やドップラー機能による降水域の風の測定を行っている。また、近年導入が進んでいる二重偏波気象ドップラーレーダーは、降水粒子の種別判別や降水の強さのより正確な推定が可能である。気象レーダーの設置場所は、山岳地域、都市部、空港と幅広く分布している。

- ① アンテナを回転させて円錐状のある一面のデータを取る。

- ② アンテナの仰角を変えて多くの面のデータを取る。

アンテナを方位回転させながら、仰角を上から下までひと通り変える(「1シーケンス」と言う)ことでレーダーを中心とした立体的な領域のデータを取得する。



気象レーダーの降雨観測(画面例)

図 4-1-3 気象レーダーの概要

気象レーダーは従来、電子管(マグネトロン、クライストロン)型の発振素子により、数 10kW～数 100kW の高出力で短パルス(数 μs のパルス長)のレーダー波を使用しているが、近年、帯域外の不要発射を抑え狭帯域化が可能である固体素子(トランジスタ)型のレーダーの導入が順次進められている。固体素子レーダーでは、数 100W～数 kW の出力でチャープ変調をかけた長パルス(数 10～数 100 μs のパルス長)を用いることにより、従来と同等以上の距離分解能を実現している。

4. 1. 4. 地球探査衛星システム

地形、土質、植生、水資源、建造物、海洋等を撮影し、農業、森林管理、災害監視、地質調査、水資源管理、地形図等を作成する目的で太陽同期軌道の上に打ち上げられる衛星である。代表的なイメージを図 4-1-4 に示す。

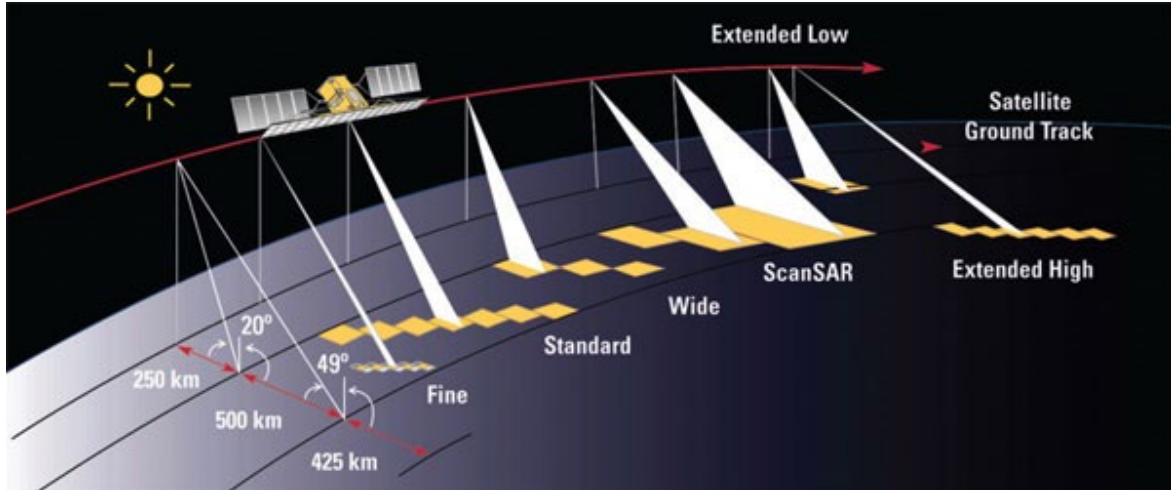


図 4-1-4 地球探査衛星システムのイメージ

4. 2. 個別システムとの周波数共用検討結果

4. 2. 1. 移動衛星業務（MSS フィーダリンク）との検討結果

5. 2GHz 帯の上空利用に当たって、移動衛星業務（MSS フィーダリンク）との共用検討を行った。

(1) 共用検討モデル

図 4-2-1 に示すように、地球の半径を 6,371km、衛星の高度を 1,414km、被干渉衛星局のフットプリントの弧の長さを 5,800km とした。無線 LAN 機器は、フットプリント内に一様分布していると想定し、各無線 LAN 機器の仰角を考慮の上、与干渉端末からの干渉の総和を計算した。なお、被干渉衛星局のフットプリントがアジア太平洋地域にある場合を想定し、フットプリント内の人口は 1,663,236,000 人とした。また、許容運用台数を算出する際、フットプリント内の人口比率を考慮し、日本で使用できる台数を全体の 7% と仮定した。

I/N は、次式で計算する。

$$I/N = EIRP - PL - L_{bldg.} - L_p - L_c - L_b - L_f + G - 10 \log_{10}(kTB/1mW)$$

$EIRP$ = アンテナ利得、人体損失を含めた与干渉端末の $EIRP$ 値 (dBm)

PL = 自由空間伝搬損失 (dB)

$L_{bldg.}$ = 建物もしくは自動車の遮蔽損失 (dB)

L_p = 偏波識別度 (dB)

L_c = クラッタ損失 (dB)

L_b = 帯域補正 (dB)
 L_f = フィーダ損失 (dB)
 G = 衛星のアンテナ利得 (dBi)
 k = ボルツマン定数= $1.3806488 \times 10^{-23}$ (J/K)
 T = 等価雑音度 (K)
 B = 帯域幅 (Hz)

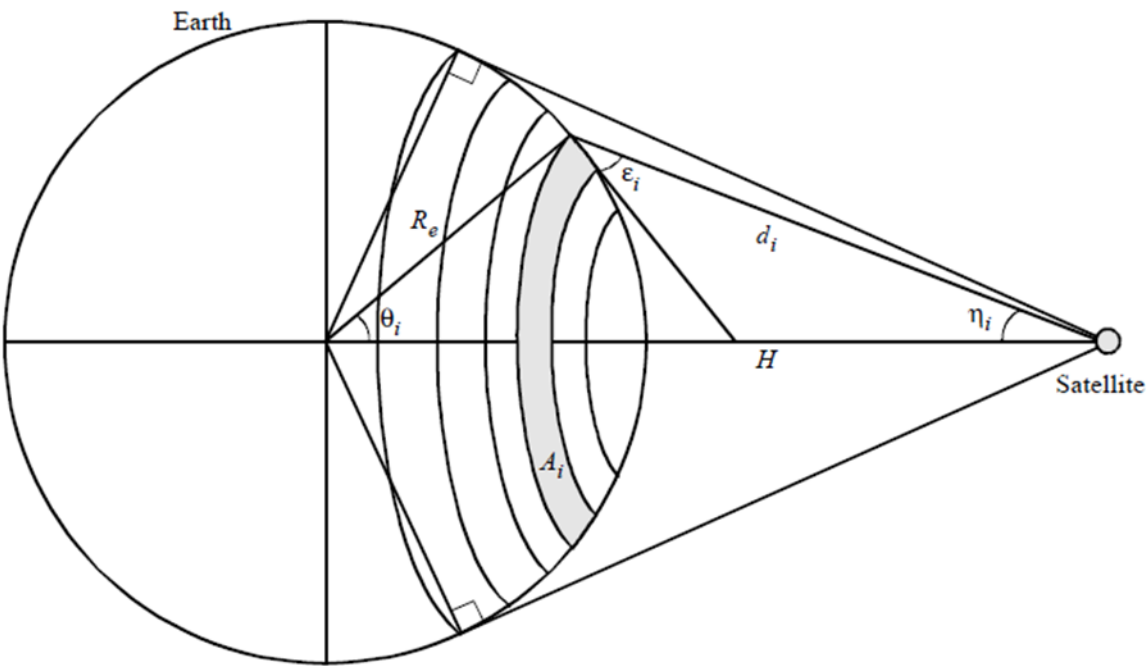


図 4-2-1 移動衛星業務（MSS フィーダリンク）との共用検討モデル
 （引用元：ITU-R 勧告 M. 1454）

また、共用検討におけるパラメータを表 4-2-1 に示す。

表 4-2-1 衛星フィーダリンクとの周波数共用検証で用いたパラメータ

EIRP 配分	送 信	1W	200mW	80mW	50mW	40mW	25mW	All
	EIRP	(directional)	(omni)	(omni)	(omni)	(omni)	(omni)	
	Indoor	0%	18.06%	25.68%	14.24%	0%	37.02%	95%
	Outdoor	2%	0%	0%	0%	0%	0%	2%
	vehicle	0%	1.5%	0%	0%	1.5%	0%	3%
	Total	2%	19.56%	25.68%	14.24%	1.5%	37.02%	100%
無線 LAN 端末 の アンテナ パター ン、利得	・ 送信電力が 200mW 以下のもの ITU-R 勧告 M. 1652-1 (Apendix2 to Annex6)							
	仰角, ϕ (度)	利得 (dBi)						

	45<φ≤90	-4				
	35<φ≤45	-3				
	0<φ≤35	0				
	-15<φ≤0	-1				
	-30<φ≤-15	-4				
	-60<φ≤-30	-6				
	-90<φ≤-60	-5				
	・送信電力が 200mW を超え、1W 以下のもの 決議 229 (WRC-19 改訂)					
	Option1					
	仰角 θ に対してそれぞれ以下の値を適用 -13 dB (W/MHz) for 0° ≤ θ < 8° -13 -0.716 (θ - 8) dB (W/MHz) for 8° ≤ θ < 40° -35.9 -1.22 (θ - 40) dB (W/MHz) for 40° ≤ θ ≤ 45° -42 dB (W/MHz) for 45° < θ					
Option4						
EIRP= 200mW						
その他の無線 LAN 端末要素	・屋内、屋外利用端末					
	Busy Hour Factor	Market Factor	5GHz Factor	Overlap Factor	RF Activity Factor	Total
	62.7%	54.2%	74%	14.3%	10%	0.36%
	参照先：ITU-R 新報告草案 M. [RLAN REQ-PAR] 及び ITU-R 新報告草案 M. [RLAN SHARING 5150-5250 MHz]					
	・自動車内利用端末					
	Peak Traffic Density	5GHz Factor	RF Activity Factor	Total		
	8%	50%	10%	0.4%		
	参照先：ITU-R 新報告草案 M. [RLAN REQ-PAR] 及び ECC Report101					
	建物遮蔽損失					
	ITU-R 勧告 P.2109 (建物のタイプ: Traditional: Thermally-Efficient = 7:3, probability: p: 0.5)					
クラッタ損失						
ITU-R 勧告 P.2108 (percentage of locations: p: 0.5)						
人体損失						
4dB (屋内の無線 LAN 端末のうち 26.3%、屋外の無線 LAN 端末のうち 50%に適用) 参照先：ECC Report302						
自動車の遮蔽損失						
10dB 参照先：ITU-R 新報告草案 M. [RLAN SHARING 5150-5250 MHz]						
被干渉システムの等価雑音温度						
550K 参照先：ITU-R 勧告 M.1454						

フィーダ損失	2.9dB 参照先：ITU-R 勧告 M.1454
衛星アンテナ利得	5.2dBi (平均) 参照先：ITU-R 勧告 M.1454
帯域補正	12.1dB 参照先：ITU-R 勧告 M.1454
偏波識別度	3dB 参照先：ECC Report302
許容干渉値 I/N	-12.2 dB 参照先：ITU-R 勧告 M.1432-1

(2) その他の条件

①上空利用時の無線 LAN の高度に関する条件

無線 LAN の利用高度が変わることによる無線 LAN と衛星システムとの自由空間伝搬損失が変わることを想定し、以下の条件により検証を行った。

- ・ 高度 0m (地上利用時)
- ・ 高度 50m (無線 LAN を使用するドローンの想定飛行高度)
- ・ 高度 150m (NOTAM 無しでドローンが飛行できる高度限界)
- ・ 高度 3km (ドローンの高度限界)

②屋外・上空時の送信電力に関する条件

現状の 5.2GHz 帯高出力データ通信システムは、決議 229 (WRC-19 改定) における 5.2GHz 帯の屋外利用条件のうち、Option 1 を採用しているところ、5.2GHz 帯上空利用時には Option 4 を採用することが適当であることは、前述のとおりである。今回の検証においては、上空利用を導入した際に屋外利用と同程度使用されることを想定し、Option 1 と Option 4 の比率を 1:1 とした。

(3) 共用検討結果

表 4-2-1 及び表 4-2-2 に、無線 LAN 機器の使用高度の影響についての検証結果を示す。高度が 3km と極端なパラメータであっても、寄与度は 0.1dB 以下となり、I/N に大きな変化は見られなかった。これは、衛星の高度 1,414km に対して無線 LAN 機器の使用高度が低いことにより、全体への自由空間伝搬損失に大きく寄与しなかったためと考えられる。このことから、衛星への与干渉の観点では、屋外利用と上空利用は同等に扱える。

表 4-2-1 無線 LAN 機器の使用高度の影響

(屋外無線 LAN 機器 233 万台、屋内無線 LAN 機器 1.11 億台、自動車内無線 LAN 349 万台)

無線 LAN 機器の使用高度	0m	50m	150m	3km
I/N (dB)	-13.67	-13.67	-13.67	-13.66
マージン (dB)	1.47	1.47	1.47	1.46

表 4-2-2 無線 LAN 機器の使用高度の影響 (屋外無線 LAN 機器を 1/10 としたケース)

(屋外無線 LAN 機器 23.3 万台、屋内無線 LAN 機器 1.11 億台、自動車内無線 LAN 349 万台)

無線 LAN 機器の使用高度	0m	50m	150m	3km
I/N (dB)	-15.26	-15.26	-15.26	-15.26
マージン (dB)	3.06	3.06	3.06	3.06

上記の整理を踏まえ、表 4-2-3 に仰角制限を併用した場合の検証結果を示す。Option1 と Option4 を 1:1 で併用した場合において、衛星システム側の許容干渉値を満たすためには、屋外無線 LAN を 135 万台に制限する必要があることがわかった。なお、令和 6 年 10 月 1 日現在の 5.2GHz 帯高出力データ通信システムの登録数は 342 局であり、135 万台は現状の屋外無線 LAN の登録数から見ても十分な数であることがわかる。

表 4-2-3 仰角制限を併用した場合の影響

(屋外無線 LAN 機器 233 万台、屋内無線 LAN 機器 1.11 億台、自動車内無線 LAN 349 万台)

仰角制限	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

以上から、現状の屋外地上利用 (Option 1) に加え、今回新たに Option 4 を採用した上空利用を併用する場合、登録局として上限台数を超えないように管理することで、移動衛星業務 (MSS フィーダリンク) との共用は可能であると判断できる。

4.2.2. 5.3GHz 帯気象レーダーとの検討結果

5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用を導入するに当たって、周波数が隣接する 5.3GHz 帯気象レーダーへの影響を調べるため、5.2GHz 帯無線 LAN (屋内利用) 導入時に係る平成 16 年度情報通信審議会答申「諮問 2014 号『5GHz 帯の無線アクセスシステムの技術的条件』のうち『占有周波数帯幅 20MHz 以下の小電力データ通信システムの技術的条件』及び 5.2GHz

帯高出力データ通信システム（屋外利用）導入時に係る平成 29 年度情報通信審議会答申「諮問 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 の周波数拡張に係る技術的条件』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』」での検討内容を参考とし、参考資料のとおり検討を行った。その結果、レーダーと適切な離隔を確保し、かつ、運用調整等により上空利用を行う無線局の間隔・台数を管理することで共用の可能性があると考えられる。

4.2.3. 地球探査衛星システムとの検討結果

4.2.2 と同様に、5.2GHz 帯無線 LAN と地球探査衛星システムは周波数が隣接することから、5.2GHz 帯無線 LAN から地球探査衛星システムへの与干渉を検討した。

5.2GHz 帯小電力データ通信システムの帯域外漏えい電力値 $2.5\mu\text{W}/\text{MHz}$ 以下をもとに地球探査衛星システムへの干渉検討を行ったところ、共用可能であることから、実用上問題は生じないものと考えられる。

4.2.4. 既存の 5GHz 帯小電力データ通信システムとの検討結果

既存の無線 LAN との共用については、地上利用と同様キャリアセンス機能を具備することで、既存の無線 LAN 同士と同等以上の干渉は与えないことから、共用可能と考えられる。

第5章 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る技術的条件

5.1. 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用の導入イメージ

4.2. の検討結果から、5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る技術的条件を示す。導入に当たっては、移動衛星業務との共用のため台数管理が必要となること、また、気象レーダーとの共用のため運用調整が必要なことから、登録局制度の対象とする必要があるため、既に登録局制度の対象として運用されている「5.2GHz 帯高出力データ通信システム」とすることを想定している。

5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用のユースケースとしては、図 5-1-1 のパターンが考えられる。このうち、陸上に開設する移動しない無線局（親局）については「携帯基地局」、移動中又はその特定しない地点に停止中運用する無線局（親局／子局）については「携帯局」とし、携帯基地局及び親局に相当する携帯局について、登録局制度の対象とする。

なお、地上で使用する子局に相当する携帯局については、親局に相当する携帯局の制御の下で通信を行うとともに、既存の 5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様の EIRP200mW 以下で使用するにより、登録不要で使用可能とする。また、子局には既存の 5.2GHz 帯小電力データ通信システムの子局を含むこととし、当該局についても、地上で使用する場合に限り、登録不要とする。

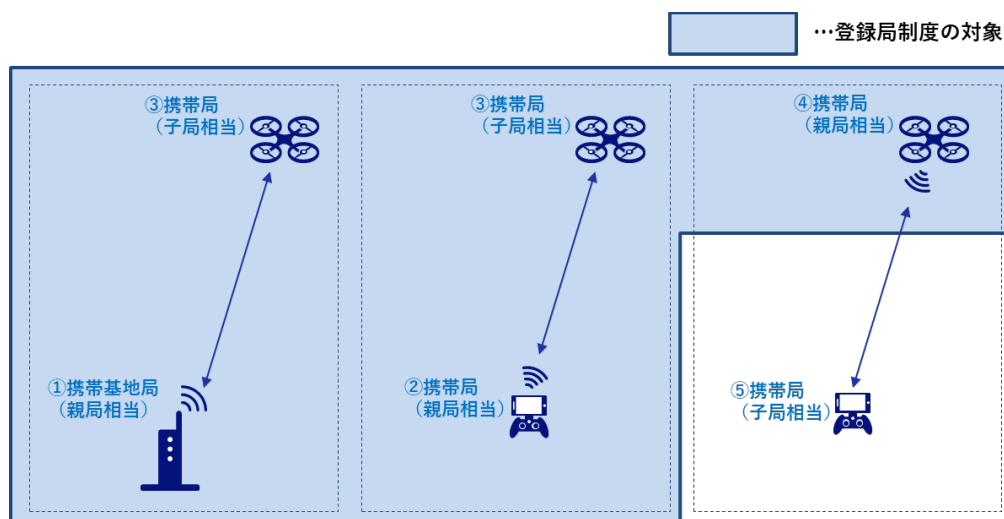


図 5-1-1 想定されるユースケースと登録局制度の対象範囲

5. 2. 一般的条件

5. 2. 1. 周波数帯

周波数帯は、5. 2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、5150～5250MHz とすることが適当である。

5. 2. 2. 周波数チャネル配置

周波数チャネル配置は、5. 2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、以下のとおりとすることが適当である。この場合、1 チャネルあたりの帯域幅を最大で 80MHz とする。

表 5-2-1 5. 2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る周波数チャネル配置

占有周波数帯幅	中心周波数 (MHz)
20MHz 以下の場合	5180、5200、5220、5240
20MHz を超え 40MHz 以下の場合	5190、5230
40MHz を超え 80MHz 以下の場合	5210

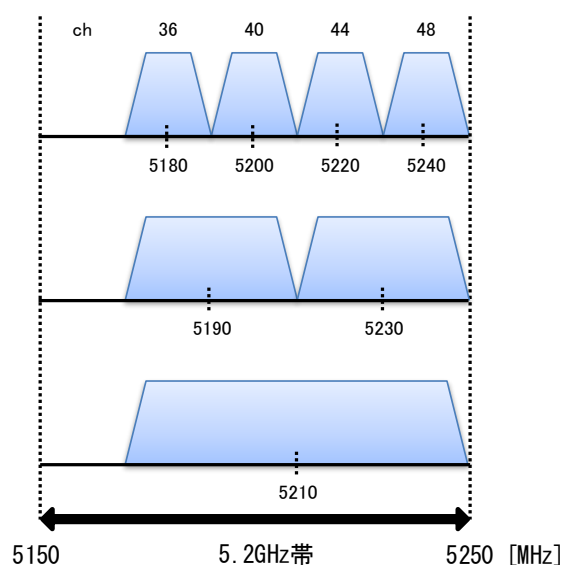


図 5-2-1 5. 2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る周波数チャネル配置図

5. 2. 3. 周波数チャネル使用順位等

周波数チャネルの使用順位については、無線 LAN がキャリアセンスによる周波数を共用するシステムであり、また、機器製造の柔軟性を確保する必要があることも考慮すると、メーカーや運用者が個別に対応することが適当であると考えられるため、特段規定しないことが適当である。

5.2.4. 周波数の使用条件

・携帯基地局、携帯局

登録局制度により管理される条件下において利用を可能とする。なお、携帯局のうち、登録局制度により管理される携帯局から制御を受けて地上で通信する条件下においては、他の携帯局の制御を行うものを除き、登録不要での利用を可能とする。

5.2.5. 伝送速度

伝送速度は、表 5-2-2 のとおり、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同等の速度とすることが適当である。

表 5-2-2 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る伝送速度

占有周波数帯幅	伝送速度
20MHz 以下	20Mbps 以上
20MHz を超え 40MHz 以下	40Mbps 以上
40MHz を超え 80MHz 以下	80Mbps 以上

5.2.6. 通信方式

通信方式は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、単向通信方式、単信方式、複信方式、半複信方式又は同報通信方式とすることが適当である。

5.2.7. 接続方式

接続方式は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、各 20MHz チャンネルを基本とした送信権の獲得を公平にし、共存を実現できることが適当である。

5.1.8. 変調方式

直交周波数分割多重方式（1MHz の帯域幅当たりの搬送波の数が 1 以上であること。）

5.2.9. 監視制御機能システム設計上の条件

(1) 誤り訂正機能

回線の信頼性の向上のためには一般的に具備することが望ましいが、再送制御による高レイヤでの品質向上を図るには、伝搬距離が短い場合で誤り訂正符号を使用しなくともサービスに必要な回線の信頼度が得られる場合、アプリケーションによっては高速性を優先するため誤り訂正における符号化率を最小限にする場合等があることから、運用の柔軟性を確保するためにも誤り訂正符号を義務づけないことが適当である。

(2) 監視制御機能

監視制御のための補助信号は、無線主信号に内挿して伝送するものとし、特殊なキャリア又は変調等を使用しないものであることが適当である。

(3) システム設計上の条件

違法使用を防止する対策のため、本システムが情報処理機器に組み込まれて利用される場合を考慮して、送信装置の主要な部分（空中線系を除く高周波部及び変調部）を容易に開けることができない構造とすることが適当である。

(4) 携帯局（子局相当）の制御

携帯基地局又は親局相当の携帯局により子局相当の携帯局の周波数チャンネル選択及び送信を制御することが適当である。

(5) 同一システム（小電力データ通信システムを含む。）間の共用方策

キャリアセンスレベル等について、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様とすることが適当である。

5.3. 無線設備の技術的条件

5.3.1. 送信装置

(1) 周波数の許容偏差

周波数の許容偏差は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、 $\pm 20\text{ppm}$ 以下とすることが適当である。

(2) 占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅の許容値は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、表 5-3-1 のとおりとすることが適当である。

表 5-3-1 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅	占有周波数帯幅の許容値
20MHz 以下	20MHz
20MHz を超え 40MHz 以下	40MHz
40MHz を超え 80MHz 以下	80MHz

(3) 空中線電力

空中線電力は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、表 5-3-2 のとおりとすることが適当である。

表 5-3-2 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る空中線電力

変調方式	占有周波数帯幅	空中線電力
直交周波数分割多重方式	20MHz 以下	10mW/MHz 以下
	20MHz を超え 40MHz 以下	5mW/MHz 以下
	40MHz を超え 80MHz 以下	2.5mW/MHz 以下

(4) 空中線電力の許容偏差

空中線電力の許容偏差は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、上限+20%、下限-80%とすることが適当である。

(5) 送信空中線

①空中線利得

送信空中線利得は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、規定しないことが適当である。ただし、これは EIRP の最大値と空中線電力を基にして間接的に定義されている。

②送信空中線の主輻射の角度の幅

送信空中線の主輻射の角度の幅は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、規定しないことが適当である。

(6) 等価等方輻射電力

等価等方輻射電力については、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、表 5-3-3 のとおりとすることが適当である。

表 5-3-3 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る等価等方輻射電力

占有周波数帯幅	等価等方輻射電力
20MHz 以下	10mW/MHz 以下
20MHz を超え 40MHz 以下	5mW/MHz 以下
40MHz を超え 80MHz 以下	2.5mW/MHz 以下

(7) 隣接チャネル漏えい電力

隣接チャネル漏えい電力については、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、表 5-3-4 のとおりとすることが適当である。

表 5-3-4 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る隣接チャネル漏えい電力

占有周波数帯幅	隣接チャネル漏えい電力
20MHz 以下	搬送波の周波数から 20MHz 及び 40MHz 離れた周波数の ± 10 MHz の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力よりそれぞれ 25dB 及び 40dB 以上低い値
20MHz を超え 40MHz 以下	搬送波の周波数から 40MHz 及び 80MHz 離れた周波数の ± 20 MHz の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力よりそれぞれ 25dB 及び 40dB 以上低い値
40MHz を超え 80MHz 以下	搬送波の周波数から 80MHz 離れた周波数の ± 40 MHz の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力より 25dB 以上低い値

(8) 周波数チャネル当たりのスペクトラム特性

無線 LAN の帯域内では隣接チャネル漏えい電力で規定されているため、周波数チャネル当たりのスペクトラムマスクは 5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に規定しないものとする。

(9) 不要発射の強度

帯域外領域及びスプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、以下のとおりとすることが適当である。

①不要発射（帯域外領域＋スプリアス領域）の範囲

不要発射の範囲については、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、表 5-3-5 のとおりとすることが適当である。

表 5-3-5 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る不要発射

占有周波数帯幅	不要発射の範囲
20MHz 以下	5150MHz 未満及び 5250MHz 以上
20MHz を超え 40MHz 以下	5150MHz 未満及び 5250MHz 以上
40MHz を超え 80MHz 以下	5150MHz 未満及び 5250MHz 以上

②不要発射の強度の許容値

不要発射の強度の許容値については、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、表 5-3-6 のとおりとすることが適当である。

表 5-3-6 5. 2GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る不要発射の強度の許容値

占有周波数帯幅	基準チャンネル	周波数帯	基準チャンネルからの差の周波数（f）	不要発射の強度の許容値（等価等方輻射電力）
20MHz 以下	5180MHz	5142MHz 以下	38MHz 以上	2.5 μW/MHz 以下
		5142MHz を超え 5150MHz 以下	30MHz 以上 38MHz 未満	15 μW/MHz 以下
	5240MHz	5250MHz 以上 5250.2MHz 未満	10MHz 以上 11MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{1-(8/3)(f-9.75)}$ mW/MHz 以下
		5250.2MHz 以上 5251MHz 未満	10MHz 以上 11MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{1-(f-9)}$ mW/MHz 以下
		5251MHz 以上 5260MHz 未満	11MHz 以上 20MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-1-(8/90)(f-11)}$ mW/MHz 以下
		5260MHz 以上 5266.7MHz 未満	20MHz 以上 26.7MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-1.8-(6/50)(f-20)}$ mW/MHz 以下
		5266.7MHz 以上	26.7MHz 以上	2.5 μW/MHz 以下
20MHz を超え 40MHz 以下	5190MHz	5141.6MHz 以下	48.4MHz 以上	2.5 μW/MHz 以下
		5141.6MHz を超え 5150MHz 以下	40MHz 以上 48.4MHz 未満	15 μW/MHz 以下
	5230MHz	5250MHz 以上 5251MHz 未満	20MHz 以上 21MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(f-20)+\log(1/2)}$ mW/MHz 以下
		5251MHz 以上 5270MHz 未満	21MHz 以上 40MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(8/190)(f-21)-1+\log(1/2)}$ mW/MHz 以下
		5270MHz 以上 5278.4MHz 未満	40MHz 以上 48.4MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(3/50)(f-40)-1.8+\log(1/2)}$ mW/MHz 以下
		5278.4MHz 以上	48.4MHz 以上	2.5 μW/MHz 以下
40MHz を超え 80MHz 以下	5210MHz	5123.2MHz 以下	86.8MHz 以上	2.5 μW/MHz 以下
		5123.2MHz を超え 5150MHz 以下	60MHz 以上 86.8MHz 未満	15 μW/MHz 以下
		5250MHz 以上 5251MHz 未満	40MHz 以上 41MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(f-40)+\log(1/4)}$ mW/MHz 以下
		5251MHz 以上 5290MHz 未満	41MHz 以上 80MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(8/390)(f-41)-1+\log(1/4)}$ mW/MHz 以下
		5290MHz 以上 5296.7MHz 未満	80MHz 以上 86.7MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(3/100)(f-80)-1.8+\log(1/4)}$ mW/MHz 以下
		5296.7MHz 以上	86.7MHz 以上	2.5 μW/MHz 以下

注 f は、基準チャンネルからの差の周波数とし、単位は MHz とする。

(10) 帯域外漏えい電力

帯域外漏えい電力は、スプリアス領域及び帯域外領域における不要発射の強度の許容値で規定されているため、規定しないものとする。

5.3.2. 受信装置

受信装置は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、以下のとおりとすることが適当である。

(1) 副次的に発射する電波等の限度

副次的に発射する電波の強度は、1GHz 未満の周波数において 4nW 以下、1GHz 以上の周波数において 20nW 以下とする。

(2) 受信感度

受信感度は特段規定しないこととする。

(3) 受信空中線特性

受信空中線特性は、無線機器製造の柔軟性を確保するため、特段規定しないことが適当である。なお、送信空中線特性と等価であることが望ましい。

5.3.3. 電気通信回線設備との接続

電気通信回線設備との接続は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に、識別符号を利用し、符号長は 19 ビット以上であること。また、システム設計条件（送信バースト長は 8ms 以下とすること、キャリアセンスを行うこと等）に適合すること。

5.3.4. 混信防止機能等

混信防止機能等は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムと同様に以下のとおりとすることが適当である。

(1) バースト状の断続的なデータ送信を基本とすることが適当であり、送信バースト長は 8ms 以下とすること。

(2) 無線設備は、新たな送信に先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実行した後に送信を開始すること。ただし、この新たな送信を行う無線設備を主とし、主局のキャリアセンスによる判断に従い送信を行う無線設備を従として、主及び従の相互間でこのキャリアセンスを起点として行われる通信に関しては、最大 8ms の間、主と従の無線設備におけるキャリアセンスは省略できるものとする。

(3) キャリアセンスは、受信空中線の最大利得方向における電界強度が 100mV/m 以上で

あることをもって、干渉を検出したチャンネルと同一のチャンネルでの電波の発射を停止させるものであること。

(4) 識別符号を自動的に送信し、又は受信する機能を有すること。

5.3.5. 電波防護指針

安全な電波利用の一層の徹底を図るため、電波法施行規則第21条の3（電波の強度に対する安全施設）により安全基準が規定されている。今回の5.2GHz帯無線LAN上空利用の場合には、EIRPを200mW以下としており、従来の小電力データ通信システムと同等であるため、人体に与える影響は問題ないと考えられる。

5.3.6. 測定法

複数の送受信空中線（複数の送信増幅部を有するもの）を有する単一の送受信装置の場合においては、5.2GHz帯小電力データ通信システムと同様に、以下のとおりとすることが適当である。

(1) 送信装置

①周波数の偏差

ア. 空中線測定端子付きの場合

各空中線測定端子にて、無変調波（搬送波）を送信した状態で、周波数計を用いて平均値（バースト波にあつてはバースト内の平均値）を測定し、それぞれの測定値のうち周波数の偏差が最大であるものを周波数の偏差とすること。

イ. 空中線測定端子無しの場合

a. 空中線ごとに測定する場合

周波数計をRF結合器又は空中線で結合し、ア.と同様にして測定することが適当である。

b. 空中線ごとに測定することが困難な場合

a.と同様にして測定することが適当である。

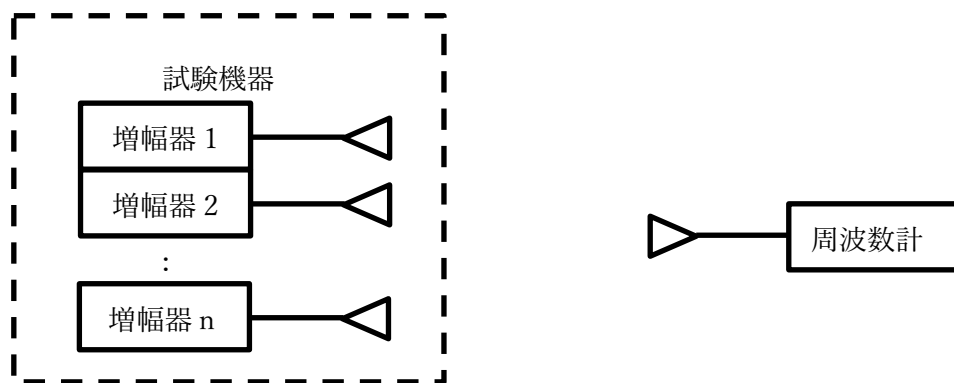


図 5-3-1 周波数の偏差測定系統図（空中線端子なしの場合）

②占有周波数帯幅

ア. 空中線測定端子付きの場合

各空中線測定端子にて、標準符号化試験信号（符号長 511 ビット 2 値疑似雑音系列等。以下同じ。）を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力をスペクトル分析器等により測定し、併せて、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和がそれぞれ全電力の 0.5%となる周波数幅を測定し、上限周波数から下限周波数を減じた周波数幅を占有周波数帯幅とすることが適当である。

イ. 空中線測定端子無しの場合

a. 空中線ごとに測定する場合

適当な RF 結合器又は空中線で結合し、ア. と同様にして測定することが適当である。

b. 空中線ごとに測定することが困難な場合

a. と同様にして測定することが適当である。

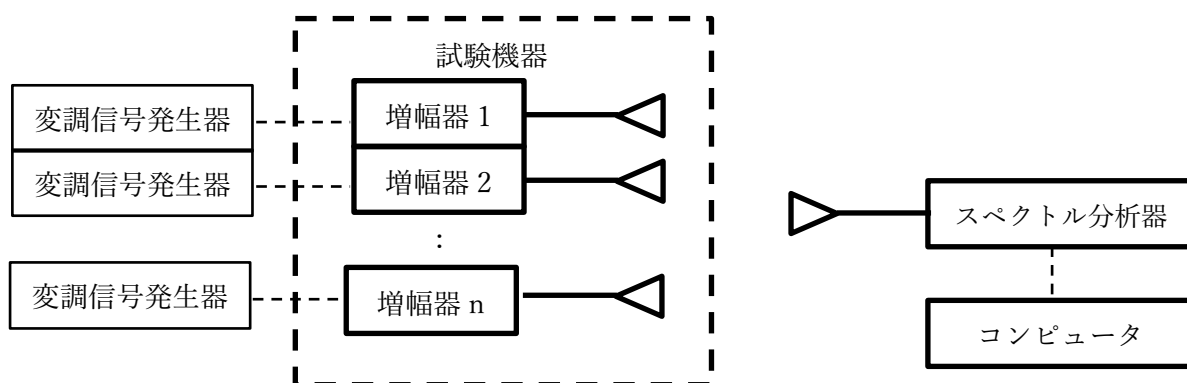


図 5-3-2 占有周波数帯幅測定系統図（空中線端子なしの場合）

③空中線電力の偏差

ア. 空中線測定端子付きの場合

各空中線測定端子にて、標準符号化試験信号を入力信号端子に加えたときの平均電力をスペクトル分析器、高周波電力計等を用いて測定し、それぞれの空中線端子にて測定した測定値の総和を空中線電力とすること。この場合において、スペクトル分析器の分解能帯域幅を 1MHz とし、その帯域幅における平均電力が最大となる周波数において平均電力を測定すること。また、連続送信波により測定することが望ましいが、バースト送信波にて測定する場合は、送信時間率が最大となるバースト繰り返し周期よりも十分長い期間における平均電力を測定し、その測定値に最大の送信時間率の逆数を乗じて平均電力とすることが適当である。

イ. 空中線測定端子無しの場合

a. 空中線ごとに測定する場合

測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器を用い、その他の条件はア. と同様にして測定すること。この場合において、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いること。また、被測定対象機器の大きさが 60cm を超える場合は、測定距離をその 5 倍以上として測定することが適当である。

b. 空中線ごとに測定することが困難な場合

a. と同様にして測定することが適当である。

ただし、複数の空中線の間隔のうち、最も離れる間隔が 13cm を超える場合、空中線の種類及び利得が異なる場合においては、a. を適用しないこと。

この場合においては、供試機器の空中線配置の中心を放射中心と仮定して測定し、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を空中線電力とすること。

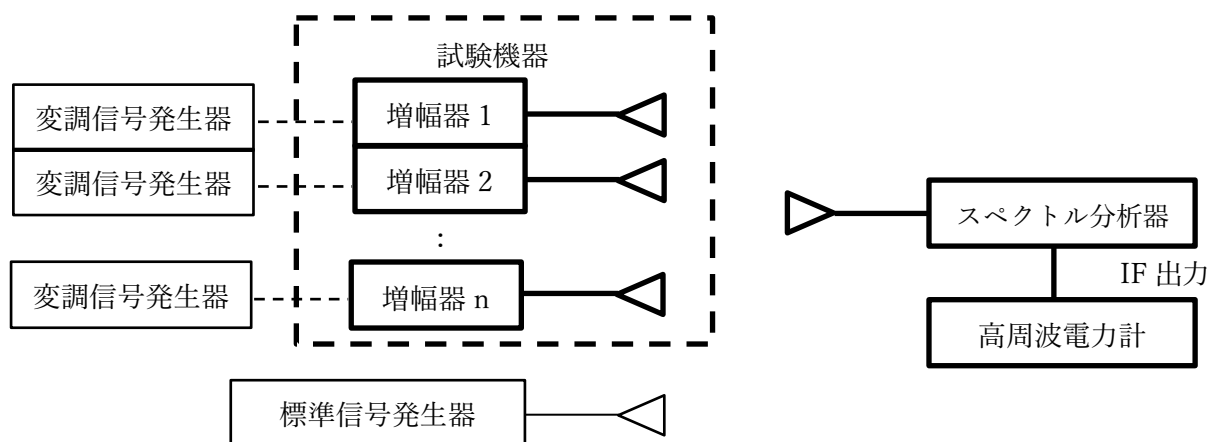


図 5-3-3 空中線電力測定系統図（空中線端子なしの場合）

④隣接チャネル漏えい電力

ア. 空中線測定端子付きの場合

各空中線端子にて、標準符号化試験信号を入力信号とし、バースト波にあっては、規定の隣接及び次隣接チャネル帯域内の電力をスペクトル分析器等を用いて、掃引速度が1サンプル点あたり1個以上のバーストが入るようにし、ピーク検波、マックスホールドモードで測定し、それぞれの測定値の総和を隣接及び次隣接チャネル漏えい電力とすること。連続波にあっては、電力測定受信機又はスペクトル分析器を用いて規定の隣接及び次隣接チャネル帯域の電力を測定し、それぞれの測定値の総和を隣接及び次隣接チャネル漏えい電力とすることが適当である。

イ. 空中線測定端子無しの場合

a. 空中線ごとに測定する場合

測定距離3m以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された結合器を用い、その他の条件はア.と同様にして測定すること。この場合において、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いること。また、被測定対象機器の大きさが60cmを超える場合は、測定距離をその5倍以上として測定することが適当である。

b. 空中線ごとに測定することが困難な場合

a. と同様にして測定することが適当である。

ただし、複数の空中線の間隔のうち、最も離れる間隔が13cmを超える場合、空中線の種類及び利得が異なる場合においては、a.を適用しないこと。この場合においては、ア.と同様にして測定すること。また、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を空中線電力とすること。

⑤帯域外領域における不要発射の強度

ア. 空中線測定端子付きの場合

各空中線端子にて、標準符号化試験信号を入力信号として加えたときの不要発射の平均電力（バースト波にあってはバースト内の平均電力）をスペクトル分析器等を用いて測定し、それぞれの測定値の総和を不要発射の強度とすること。この場合において、スペクトル分析器の分解能帯域幅は、1MHzに設定することが適当である。また、測定値に測定する周波数帯における給電線損失を含む送信空中線利得を乗じて、EIRPを換算して求めるものとする。

イ. 空中線測定端子無しの場合

a. 空中線ごとに測定する場合

測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器を用い、その他の条件はア. と同様にして測定すること。この場合において、テストサイトの測定用空中線は指向性のものを用いること。また、被測定対象機器の大きさが 60cm を超える場合は、測定距離をその 5 倍以上として測定することが適当である。

b. 空中線ごとに測定することが困難な場合

a. と同様にして測定することが適当である。

ただし、複数の空中線の間隔のうち、最も離れる間隔が 13cm を超える場合、空中線の種類及び利得が異なる場合においては、a. を適用しないこと。この場合においては、ア. と同様にして測定すること。また、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を空中線電力とすること。

⑥スプリアス領域における不要発射の強度

スプリアス領域における不要発射の強度の測定は、以下のとおりとすることが適当である。この場合において、参照帯域幅は 1MHz とし、スプリアス領域における不要発射の強度の測定を行う周波数範囲については、可能な限り 9kHz から 110GHz までとすることが望ましい。ただし、当面の間は 30MHz から 5.2GHz 以下の周波数においては第 5 次高調波及び 5.2GHz を超える周波数においては 26GHz までとすることが出来る。

ア. 空中線測定端子付きの場合

各空中線端子にて、標準符号化試験信号を入力信号として加えたときの不要発射の平均電力（バースト波にあってはバースト内の平均電力）を、スペクトル分析器を用いて測定し、それぞれの測定値の総和を不要発射の強度とすること。この場合において、スペクトル分析器の分解能帯域幅は、1MHz に設定することが適当である。

イ. 空中線測定端子無しの場合

a. 空中線ごとに測定する場合

測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器を用い、その他の条件はア. と同様にして測定すること。この場合において、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いること。また、被測定対象機器の大きさが 60cm を超える場合は、測定距離をその 5 倍以上として測定することが適当である。

b. 空中線ごとに測定することが困難な場合

a. と同様にして測定することが適当である。

ただし、複数の空中線の間隔のうち、最も離れる間隔が 13cm を超える場合、

空中線の種類及び利得が異なる場合においては、a. を適用しないこと。この場合においては、供試機器の空中線配置の中心を放射中心と仮定して測定し、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を空中線電力とすること。

(2) 受信装置

①副次的に発する電波等の限度

各空中線端子にて、スペクトル分析器を用いて測定し、それぞれの測定値の総和を副次的に発する電波等の強度とすること。IEC Pub. 60489-3 に準ずること。この場合、スペクトル分析器の分解能帯域幅は、1MHz に設定することが適当である。なお、空中線端子がない場合は、スプリアス領域における不要発射の強度の測定法の空中線端子がない場合に準ずることが適当である。

②混信防止機能

複数の送受信装置を有する無線設備については、一体となって機能する送信装置の総体を無線設備の単位とし、当該無線設備から送出される識別符号について、代表する信号入出力端子（送信装置にそれぞれ信号入出力端子のある場合においては代表する端子）における送受信を確認することが適当である。

③送信バースト長

ア. 空中線測定端子付きの場合

各空中線端子を供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器で結合し、全ての送信装置からの信号を合成して測定することが適当である。

イ. 空中線測定端子無しの場合

測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正され RF 結合器を用い、全ての送信装置から送出されるバースト波を合成して測定することが適当である。

④キャリアセンス機能

代表する空中線端子にて、現行どおりの測定法とすることが適当である。反射波を押さえたテストサイトにて、被測定機器、観測用のスペクトル分析器及び干渉源用信号発生器を用いて行うものとする。

干渉源用信号発生器に所定の測定用空中線を接続し、規定値（100mV/m）以上となる場所に、被測定機器の空中線をその最大利得方向を干渉源の測定用空中線に向けて設置する。さらに、送信状況を近傍に置いた別の空中線で受信し、スペクトル分析器で観測する。被測定機器間での断続的な通信が行われる状況に設定した後、干渉源用信号発生器からの送信を開始し、8ms 以内に被測定機器の送信が停止することを確認す

る。ただし、干渉源の信号には、被測定機器の送信スペクトルとは判別の付くもので、定包絡線を有する広帯域信号が望ましい。

なお、空中線測定端子を有する機器については、上記測定伝搬環境を模擬する疑似伝送路を用いて測定を行っても良い。ただし、この場合において、被測定機器の空中線測定端子には、使用する空中線利得から換算した干渉信号電力が加わる設定とすることが適当である。

第6章 制度化に向けた諸課題

6.1. 共用台数の管理方法

4.2.1(3)の移動衛星業務の無線局との共用検討結果及び4.2.2の5.3GHz帯気象レーダーとの共用検討結果を踏まえ、無線局の間隔や台数を管理するため、5.2GHz帯無線LANの上空利用に当たっては、登録局としての運用が求められる。

6.2. 開設区域の設定

5.3GHz帯の気象レーダーは、順次設備更改の機会を捉えて固体素子化と周波数帯の移行（5250～5350MHz → 5327.5～5372.5MHz）が進められている。この移行状況を十分に考慮しつつ、5.2GHz帯無線LANの上空利用の不要発射から5.3GHz帯で運用する気象レーダーを保護するため、懸念のある気象レーダーの近傍において5.2GHz帯無線LANの上空利用がされないよう、これらの開設区域については特に留意する必要がある。

第7章 今後の検討課題

本システムの今後の一層の普及促進に関する課題を以下に述べる。

- (1) 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用を含む将来の無線システムに関して、IEEE 等の国際標準化機関の動向に注視するとともに、新たな利用ニーズや技術方式の高度化に迅速に対応するため、必要に応じて無線 LAN の技術的条件を見直すことが適当である。
- (2) 5.2GHz 帯無線 LAN の上空利用の導入に当たっては、WRC-19 の結果を踏まえた周波数共用条件に基づき技術的条件を定めているが、5.2GHz 帯周波数の電波を使用する移動衛星通信システムとの共用条件に影響を及ぼす事象が生じる場合又は生じるおそれがある場合には、必要に応じて当該共用条件等の見直しを図ることが適当である。
- (3) 5.3GHz 帯及び 5.6GHz 帯については DFS 機能の具備が必須であり、既存システムからの信号検出により通信遮断が発生する可能性があるため、ドローン等による上空運用において安全面等に支障が懸念される。今後、DFS の高度化や AFC (Automated Frequency Coordination : 自動周波数調整) の活用により当該懸念が解消される可能性がある場合には、当該帯域の上空利用について改めて検討することが適当である。

V. 検討結果

陸上無線通信委員会（以下「委員会」という。）は、情報通信審議会諮問第 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」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）のうち、「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち「5GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る技術的条件」について、別添のとおりとりまとめた。

別添

「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「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち「5GHz 帯無線 LAN の上空利用に係る技術的条件」については、以下のとおりとすることが適当である。

1 一般的条件

(1) 周波数帯

5150～5250MHz であること。

(2) 周波数チャネル配置

以下のとおりであること。

占有周波数帯幅	中心周波数 (MHz)
20MHz 以下の場合	5180、5200、5220、5240
20MHz を超え 40MHz 以下の場合	5190、5230
40MHz を超え 80MHz 以下の場合	5210

(3) 周波数チャネル使用順位等

特段規定しない。

(4) 周波数の使用条件

・携帯基地局、携帯局

登録局制度により管理される条件下において利用を可能とする。なお、携帯局のうち、登録局制度により管理される携帯局から制御を受けて地上で通信する条件下においては、他の携帯局の制御を行うものを除き、登録不要での利用を可能とする。

(5) 伝送速度

以下のとおりであること。

占有周波数帯幅	伝送速度
20MHz 以下	20Mbps 以上
20MHz を超え 40MHz 以下	40Mbps 以上
40MHz を超え 80MHz 以下	80Mbps 以上

(6) 通信方式

単向通信方式、単信方式、複信方式、半複信方式又は同報通信方式であること。

(7) 接続方式

各 20MHz チャネルを基本とした送信権の獲得を公平にし、共存を実現できること。

(8) 変調方式

直交周波数分割多重方式（1MHz の帯域幅当たりの搬送波の数が 1 以上）であること。

(9) システム設計上の条件

以下のとおりであること。

ア 監視制御のための補助信号は、無線主信号に内挿して伝送するものとし、特殊なキャリア又は変調等を使用しないものであること

イ 送信装置の主要な部分（空中線系を除く高周波部及び変調部）を容易に開けることができない構造であること。

ウ 携帯基地局又は親局相当の携帯局により子局相当の携帯局の周波数チャネル選択及び送信を制御すること。

エ キャリアセンスの条件は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムに準ずること。

2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

ア 周波数の許容偏差

±20ppm 以下であること。

イ 占有周波数帯幅の許容値

以下のとおりであること。

占有周波数帯幅	占有周波数帯幅の許容値
20MHz 以下	20MHz
20MHz を超え 40MHz 以下	40MHz
40MHz を超え 80MHz 以下	80MHz

ウ 空中線電力

以下のとおりであること。

変調方式	占有周波数帯幅	空中線電力
直交周波数分割多重方式	20MHz 以下	10mW/MHz 以下
	20MHz を超え 40MHz 以下	5mW/MHz 以下
	40MHz を超え 80MHz 以下	2.5mW/MHz 以下

エ 空中線電力の許容偏差

上限+20%、下限-80%であること。

オ 送信空中線

(i) 送信空中線利得

特段規定しない。

- (ii) 送信空中線の主輻射の角度の幅
特段規定しない。

カ 等価等方輻射電力

以下のとおりであること。

占有周波数帯幅	等価等方輻射電力
20MHz 以下	10mW/MHz 以下
20MHz を超え 40MHz 以下	5mW/MHz 以下
40MHz を超え 80MHz 以下	2.5mW/MHz 以下

キ 隣接チャネル漏えい電力

以下のとおりであること。

占有周波数帯幅	隣接チャネル漏えい電力
20MHz 以下	搬送波の周波数から 20MHz 及び 40MHz 離れた周波数の ± 10 MHz の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力よりそれぞれ 25dB 及び 40dB 以上低い値
20MHz を超え 40MHz 以下	搬送波の周波数から 40MHz 及び 80MHz 離れた周波数の ± 20 MHz の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力よりそれぞれ 25dB 及び 40dB 以上低い値
40MHz を超え 80MHz 以下	搬送波の周波数から 80MHz 離れた周波数の ± 40 MHz の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力より 25dB 以上低い値

ク 周波数チャネルあたりのスペクトラム特性

特段規定しない。

ケ 帯域外漏えい電力

以下のとおりであること。

(i) 不要発射の範囲

占有周波数帯幅	不要発射の範囲
20MHz 以下	5150MHz 未満及び 5250MHz 以上
20MHz を超え 40MHz 以下	5150MHz 未満及び 5250MHz 以上
40MHz を超え 80MHz 以下	5150MHz 未満及び 5250MHz 以上

(ii) 不要発射の強度の許容値

占有周波数帯幅	基準チャンネル	周波数帯	基準チャンネルからの差の周波数 (f)	不要発射の強度の許容値 (等価等方輻射電力)
20MHz 以下	5180MHz	5142MHz 以下	38MHz 以上	2.5 μ W/MHz 以下
		5142MHz を超え 5150MHz 以下	30MHz 以上 38MHz 未満	15 μ W/MHz 以下
	5240MHz	5250MHz 以上 5250.2MHz 未満	10MHz 以上 11MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{1-(8/3)(f-9.75)}$ mW/MHz 以下
		5250.2MHz 以上 5251MHz 未満	10MHz 以上 11MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{1-(f-9)}$ mW/MHz 以下
		5251MHz 以上 5260MHz 未満	11MHz 以上 20MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-1-(8/90)(f-11)}$ mW/MHz 以下
		5260MHz 以上 5266.7MHz 未満	20MHz 以上 26.7MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-1.8-(6/50)(f-20)}$ mW/MHz 以下
		5266.7MHz 以上	26.7MHz 以上	2.5 μ W/MHz 以下
20MHz を超え 40MHz 以下	5190MHz	5141.6MHz 以下	48.4MHz 以上	2.5 μ W/MHz 以下
		5141.6MHz を超え 5150MHz 以下	40MHz 以上 48.4MHz 未満	15 μ W/MHz 以下
	5230MHz	5250MHz 以上 5251MHz 未満	20MHz 以上 21MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(f-20)+\log(1/2)}$ mW/MHz 以下
		5251MHz 以上 5270MHz 未満	21MHz 以上 40MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(8/190)(f-21)-1+\log(1/2)}$ mW/MHz 以下
		5270MHz 以上 5278.4MHz 未満	40MHz 以上 48.4MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(3/50)(f-40)-1.8+\log(1/2)}$ mW/MHz 以下
		5278.4MHz 以上	48.4MHz 以上	2.5 μ W/MHz 以下
	40MHz を超え 80MHz 以下	5210MHz	5123.2MHz 以下	86.8MHz 以上
5123.2MHz を超え 5150MHz 以下			60MHz 以上 86.8MHz 未満	15 μ W/MHz 以下
5250MHz 以上 5251MHz 未満			40MHz 以上 41MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(f-40)+\log(1/4)}$ mW/MHz 以下
5251MHz 以上 5290MHz 未満			41MHz 以上 80MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(8/390)(f-41)-1+\log(1/4)}$ mW/MHz 以下
5290MHz 以上 5296.7MHz 未満			80MHz 以上 86.7MHz 未満	次に掲げる式による値以下 $10^{-(3/100)(f-80)-1.8+\log(1/4)}$ mW/MHz 以下
5296.7MHz 以上			86.7MHz 以上	2.5 μ W/MHz 以下

注 f は、基準チャンネルからの差の周波数とし、単位は MHz とする。

- (iii) 帯域外漏えい電力
特段規定しない。

(2) 受信装置

以下のとおりであること。

ア 副次的に発射する電波等の限度

1GHz 未満の周波数：4nW 以下

1GHz 以上の周波数：20nW 以下

イ 受信感度

特段規定しない。

ウ 受信空中線特性

特段規定しない。

(3) 電気通信回線設備との接続

識別符号を利用し、符号長は 19 ビット以上であること。また、1(9) システム設計上の条件に適合すること。

(4) 混信防止機能

以下のとおりであること。

ア 送信バースト長は 8ms 以下であること。

イ キャリアセンスの条件は、5.2GHz 帯小電力データ通信システムに準ずること。

ウ 識別符号を自動的に送信し、又は受信する機能を有すること。

3 測定法

国内で 5.2GHz 帯小電力データ通信システムに適応されている測定法に準ずることが適当であるが、今後、国際電気標準会議（IEC）等の国際的な動向を踏まえて対応することが望ましい。

情報通信審議会 情報通信技術分科会
陸上無線通信委員会 構成員

(令和6年10月1日現在 敬称略)

	氏 名	主要現職
主 査 員	三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
主 査 代 理 員	豊嶋 守生	国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 研究センター長
委 員	高田 潤一	東京科学大学 執行役副学長（国際担当）
	森川 博之	東京大学 大学院 工学系研究科 教授
専 門 委 員	秋山 裕子	富士通株式会社 モバイルシステム事業本部 モバイルネットワーク事業部 事業部長
	飯塚 留美	一般財団法人マルチメディア振興センター 調査研究部 研究主幹
	井家上 哲史	明治大学 理工学部 教授
	伊藤 数子	特定非営利活動法人STAND 代表理事
	今村 浩一郎	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 部長
	加藤 康博	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
	児玉 俊介	一般社団法人 電波産業会 専務理事
	杉浦 誠	一般社団法人 全国陸上無線協会 専務理事
	杉本 千佳	横浜国立大学大学院工学研究院 知的構造の創生部門 准教授
	田丸 健三郎	日本マイクロソフト株式会社 技術統括室 業務執行役員 ナショナルテクノロジー オフィサー
	藤井 威生	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 教授
	藤野 義之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授
	松尾 綾子	株式会社東芝 研究開発センター 情報通信プラットフォーム研究 所 ワイヤレスシステムラボラトリー 室長
	森田 耕司	一般社団法人 日本アマチュア無線連盟 会長
	吉田 貴容美	日本無線株式会社 ソリューション事業部 マイクロ波通信技術部 衛星移動通信システムグループ 課長
	吉田 奈穂子	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会

5. 2GHz 及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班 構成員名簿

(敬称略：主任及び主任代理以外は五十音順、令和 6 年 10 月 18 日現在)

	氏 名	所 属
主任	梅比良 正弘	南山大学 理工学部 電子情報工学科 教授
主任代理	村上 誉	(国研) 情報通信研究機構 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 主任研究員
	足立 朋子	(株) 東芝 研究開発センター ワイヤレスシステムラボラトリー フェロー
	新井 勇太	(一社) 日本民間放送連盟 企画部 主事
	安藤 憲治	電気事業連合会 情報通信部 副部長
	石田 和人	フェイスブックジャパン (株) コンサルタント
	伊藤 朋哉	インテル (株) 技術本部 テクニカルマーケティングエンジニア
	井原 伸之	(株) フジテレビジョン 技術局 技術戦略部 部長
	大濱 裕史	(一社) 無線 LAN ビジネス推進連絡会 技術・調査委員会 副委員長
	小竹 信幸	(一財) テレコムエンジニアリングセンター 技術部 部長
	加藤 康博	日本電信電話 (株) 技術企画部門 電波室 室長
	木村 亮太	ソニーグループ (株) デジタル&テクノロジープラットフォーム アドバンス トテクノロジー
	國吉 裕夫	国土交通省 大臣官房 技術調査課 電気通信室 課長補佐
	久保 一哉	東京都 総務局 総合防災部 防災通信課 統括課長代理
	黒田 淳	警察庁 長官官房 通信基盤課 課長補佐
	小橋 浩之	スカパーJSAT (株) 宇宙技術本部 通信システム技術部 第 1 チーム チーム長 代行
	小林 佳和	日本電気 (株) Blustellar セールス統括部 第 3 テックセールスグループ 技 術主幹
	佐藤 英一	気象庁 大気海洋部観測整備計画課 遠隔観測技術管理調整官
	城田 雅一	クアルコムジャパン (同) 標準化本部長
	高田 潤一	東京科学大学 執行役副学長 (国際担当)
	鷹取 泰司	(一社) 電波産業会 無線 LAN システム開発部会 副委員長
	富樫 浩行	(株) ディーエスピーリサーチ 経営企画部本部長、認証部アドバイザー
	留場 宏道	シャープ (株) 研究開発本部 ソサイエティイノベーション研究所第一研究室
	並木 信昭	東京電力パワーグリッド (株) 電子通信部 通信ネットワーク技術センター ネットワーク総括グループマネージャー
	成清 善一	日本放送協会 技術局 管理部 副部長
	成瀬 廣高	(株) バッファロー ネットワーク開発部 ODM 第一開発課 課長
	能木場 裕也	日本無線 (株) 港湾航空ソリューション技術部 レーダシステムグループ

	野坂 雅樹	海上保安庁 情報通信課システム整備室 課長補佐
	菱倉 仁	(株) IP モーション モバイルソリューション事業部 チーフエンジニア
	平松 正顕	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台 天文情報センター 講師
	福元 暁	(株) NTT ドコモ 電波企画室 電波技術担当課長
	船井 一宏	(一社) JASPAR コネクティビティ WG 主査
	星 洋平	KDDI (株) 技術企画本部 電波部 電波制度グループリーダー
	本間 忠雄	内閣府 政策統括官(防災担当) 付 参事官(災害緊急事態対処担当) 付 参事官補佐(通信担当)
	三島 安博	Apple Japan, Inc. Wireless Design Regulatory Engineer
	水谷 文彦	東芝インフラシステムズ(株) 電波システム事業部 電波システム技術部

5.2GHz帯上空利用の不要発射による 5.3GHz帯気象レーダーへの影響

シミュレーション実施の目的

➤5.2GHz帯無線LANの上空利用について、

- 平成16年度情報通信審議会答申
「諮問2014号『5GHz帯の無線アクセスシステムの技術的条件』のうち『占有周波数帯幅20MHz以下の小電力データ通信システムの技術的条件』(5.2GHz帯無線LAN(屋内利用)導入時)」
- 平成29年度情報通信審議会答申
「諮問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の周波数拡張に係る技術的条件』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』(5.2GHz帯高出力データ通信システム(屋外利用)導入時)」

における検討内容を参考とし、5.3GHz帯で運用される気象レーダーへの影響について評価する。

評価に対する基本的な考え方

- 過去の検討時に実施したシミュレーションのモデル(屋内・屋外(地上))に加え、想定されるユースケースを鑑み、「上空利用」及び屋外高所利用のモデルを新たに考慮し、モンテカルロシミュレーションによって評価する。
- 5.2GHz帯無線LANの上空利用では、決議229(WRC-19改定)における5.2GHz帯の屋外利用条件のうち、Option 4の採用を想定していることから、シミュレーションにおける無線LANの空中線電力は、過去の検討時と同様に200mWとする。
- 今回、新たに上空利用及び屋外高所利用のモデルを考慮することから、各レーダーに対して、与干渉側(無線LAN)の設置高度を考慮したエリア半径を設定する。

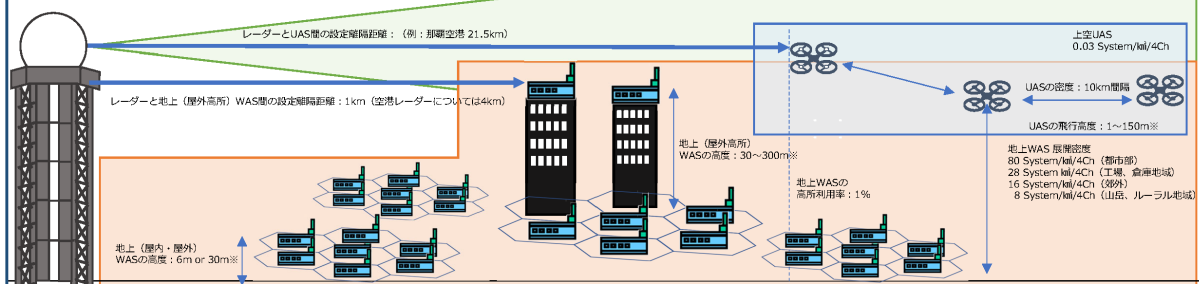
シミュレーション条件の設定について①

シミュレーションモデル

➤シミュレーション実施モデルの条件については、平成16年11月の情通審(諮問第2014号)一部答申における参考資料7及び平成30年2月の情通審(諮問第2009号)一部答申における参考資料2の基本的な考え方を踏襲し、かつ、新たに屋外高所利用及び上空利用を考慮し、以下のとおり設定した。

上空	地上	屋内・屋外	屋外高所
UASの飛行高度※	1~150m	高所利用率	1%
伝搬定数及び遮蔽損失	伝搬定数：2 遮蔽損失：0dB	WASの設置高度※	都市部：30m 住宅地、郊外等：6m
UASの展開密度	0.03 System/km/4Ch (UAS同士の離隔10km)	伝搬定数及び遮蔽損失	伝搬定数：2~3.5 遮蔽損失：0~20dB
設定離隔距離(上空)	各気象レーダーの諸元に応じて個別に設定 (各設定離隔距離については次ページ参照)	アクティブシステムの展開密度	都市部 工場、倉庫地域 郊外 山岳・ルーラル地域
			20 System/km/4Ch 7 System/km/4Ch 4 System/km/4Ch 2 System/km/4Ch
		設定離隔距離(地上)	なし
			1km (空港レーダーについては4km)

※山岳レーダーの場合、UAS飛行高度・WAS設置高度はレーダー海拔高+100m地点を基準とする。



シミュレーション条件の設定について②

対象レーダーの諸元等

➤ 平成16年及び平成30年の検討時と同様、離調周波数や周辺のWAS密度、俯角観測を行うレーダーを選定要素として、以下の7局を対象レーダーとした。各レーダーの諸元と選定理由は下表のとおり。

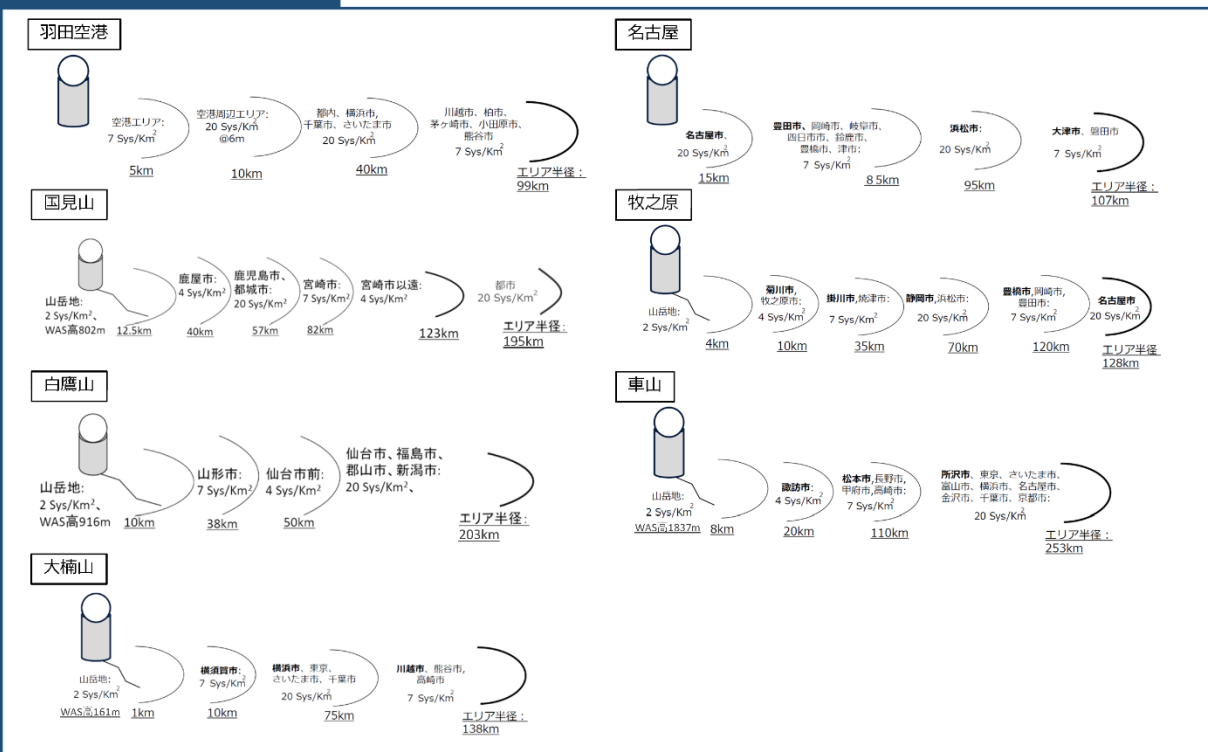
大項目	諸元	羽田空港	名古屋	牧之原※	車山※	国見山※	白鷹山※	大楠山※
レーダー	アンテナ海拔高 (m)	45.6	73.1	186	1937.1	非公表		
	アンテナ利得 (dBi)	49	45	44	44			
	最低仰角 (度)	0.7	-0.1	-0.3	-0.2			
	周波数 (MHz)	5330	5358.75	5300	5320			
	RF系損失 (dB)	4.7	5.5	5.5	4.4			
	許容干渉レベル (dBm/MHz)	-110	-110	-110	-110			
UAS	設定離隔距離 (km)	22.6	10.1	8.8	10.3			
選定理由	離調周波数			●		●	●	
	周辺WAS密度	●	●					●
	俯角観測		●	●	●			

選定理由の検証については、参考資料を参照。

※山岳レーダーのため、UAS高度及びWAS設置高度はレーダー海拔高-100m地点を基準とする。

各レーダーのエリアモデルについて

各レーダーのエリアモデル



シミュレーション結果について

シミュレーション結果と考察

▶ シミュレーションの結果、下表のとおり、5.2GHz帯の上空利用に当たっては、気象レーダーに対して適切な距離を確保し、かつ、運用調整等によりドローンの間隔・台数等を管理すれば、ドローンに高度制限を設定しない場合でも、気象レーダーの許容干渉レベルに対して一定のマージンが確保されることが確認できた。

▶ ただし、ここでのシミュレーションの評価は、多数の無線LANからの干渉量を求めるものであり、総合的な干渉を評価する手法として有効であるが、仮に特定の無線LANが気象レーダーに非常に接近し、かつ互いのアンテナ指向方向が正対して設置される等、特殊な設置状況を想定する場合の検討には適当でない。

▶ このような特殊な状況が生じることを踏まえ、実際の開設区域の設定に当たっては、気象レーダーとの位置関係に十分な配慮をする必要がある。

	許容干渉レベル (dBm/MHz)	レーダー受信 RF系損失 (dB)	Lsum (dB)	建物損 (dB)	平均/ピーク比 (dB)	許容輻射電力 (dBm/MHz)	スペクトラム マスク (dBm/MHz)	マージン (dB)
	①	②	③	④	⑤	⑥ (①+②+③+④+⑤)	⑦	⑥-⑦
羽田空港	-110	4.7	84.3	5.6	1.2	-14.2	-30	15.8
名古屋	-110	5.5	74.0	5.6	1.2	-23.7	-30	6.3
牧之原	-110	5.5	76.6	5.6	1.2	-21.1	-30	8.9
車山	-110	4.4	80.3	5.6	1.2	-18.5	-30	11.5
国見山	非公表							7.7
白鷹山								16.7
大楠山								7.3

(参考) シミュレーション実施モデルの条件設定根拠について①

地上（屋内・屋外・屋外高所）

	地上（屋内・屋外）	地上（屋外高所）	設定根拠	
高所利用率	1%		東京都統計年鑑における「3-1 階数別4階以上及び地階を有する建築物数」及び「3-2 地域、種類、構造別家屋の棟数及び床面積」から、 >11階以上の建築物数（16,029）÷（木造家屋棟数（1,999,678）+非木造家屋数（818,602））=0.57% 小数第1位を繰り上げ、1%として設定。 ■参考：東京都統計年鑑 令和4年（3 建設・住居） < https://www.toukei.metro.tokyo.lg.jp/tnenkan/2022/tn22q3i003.htm >	
WASの設置高度	都市部：30m 住宅地、郊外等：6m	30～300m	地上（屋内・屋外）については、ITU-R Rec. M.1652 Annex.6を参照。 地上（屋外高所）については、実際の建築物高度を考慮し設定。 なお、山岳レーダーにおいては、平成16年及び平成30年の検討時と同様、実際の利用ケースを想定し、WASの設置高度はレーダー海拔高-100m地点を基準とする。	
伝搬定数及び遮蔽損失	伝搬定数：2～3.5 遮蔽損失：0～20dB	伝搬定数：2 遮蔽損失：0dB	ITU-R Rec. M.1652 Annex.6を参照。 気象レーダーからの見通しに分布する可能性のある地上（屋外高所）については、遮蔽等がないものとして最悪値で設定。	
アクティブシステムの展開密度	都市部 工場、倉庫地域 郊外 山岳・ルーラル地域	20 System/km ² /Ch 7 System/km ² /Ch 4 System/km ² /Ch 2 System/km ² /Ch	80 System/km ² /4Ch 28 System/km ² /4Ch 16 System/km ² /4Ch 8 System/km ² /4Ch	平成16年及び平成30年の検討時の条件を踏襲し、左記の密度を設定。 （WASが独立して稼働できる（キャリアセンスレベルを下回る）距離を考慮の上、都市部の展開密度を算出。都市部の密度を参考に、その他箇所についても設定。）
設定離隔距離（地上）	なし	1km （空港レーダーについては4km）	地上（屋内・屋外）については、平成16年及び平成30年の検討時の条件を踏襲し、離隔なしで設定。 地上（屋外高所）については、最低限の離隔距離として仮で1kmに設定。 ただし、空港レーダーについては、航空法に基づく物件の制限を考慮し4kmに設定。 ※実際の離隔距離（地上（屋外）及び地上（屋外高所））の設定の際には、レーダーの諸元を基に計算。	

(参考) シミュレーション実施モデルの条件設定根拠について②

上空

		設定根拠
UASの飛行高度	1~150m	航空法に基づく特定飛行に該当しない150mを高度上限に設定。 なお、山岳レーダーの場合、UASの飛行高度はレーダー海拔高-100m地点を基準とする。
伝搬定数及び遮蔽損失	伝搬定数：2 遮蔽損失：0dB	ITU-R Rec. M.1652 Annex.6を参照。 地上（屋外高所）と同様、気象レーダーからの見通しに分布する可能性があるため、遮蔽等がないものとして最悪値で設定。
UASの展開密度	0.03 System/km/4Ch（Chに依らずUAS同士の離隔10km） ※現状のJUTMIによる運用調整では、一律10km離れて利用するよう運用調整している。	下記の設定離隔距離の計算結果に基づき、最大配置台数と気象レーダーのメインローブ面積から算出。
設定離隔距離（上空）	各気象レーダーの諸元に応じて個別に設定	気象レーダーのメインローブ内にUASを10km間隔で最大数配置した際、合計受信電力が気象レーダーの最小受信電力に対してI/N比=0dB以下となる離隔距離を個別に設定。

全体

		設定根拠
建物損	5.6dB	平成16年及び平成30年の検討時の考え方を基に、衛星システムとの共用検討時の条件（地上利用：上空利用を1：1と想定）を考慮し算出。 ※平成16年→（全て屋内）17dB 平成30年→（屋内：屋外=85：15）7.8dB（無線局うち15%が建物損0dBとして算出） 今回検討→（屋内：屋外（地上+上空）=85：（15+15）=74：26）5.6dB（無線局うち26%が建物損0dBとして算出）

対象気象レーダー

羽田空港、名古屋、静岡（牧之原）、長野（車山）、国見山、白鷹山、大楠山	平成16年及び平成30年の検討時と同様、離調周波数や周辺のWAS密度、観測仰角を考慮しレーダーを選択した。（詳細は後述）
-------------------------------------	--

※各気象レーダーの諸元については、関係省庁合意のもと、工事設計書等を参照。
シミュレーションでの設定仰角は、世界気象機関のデータベースに登録されている最低仰角を参照。

■参考：WMO>Radars>Japan
<https://wrd.mgm.gov.tr/Countries/Country_Detail/ZUZmSkpSC94MTdZYBkSTlVrGtyQT09>

※各レーダーのエリア半径については、以下の式により設定。土地区分については過去検討時のものを参照しつつ、新規エリアについては人口分布を考慮し設定。

$$d_{\text{horizon}}(\text{km}) = 4.12 \times (\sqrt{h_{\text{radar}}} + \sqrt{h_{\text{WAS}}})$$

d_{horizon} : 見通し距離 (km)
 h_{radar} : レーダー海拔高 (m)
 h_{WAS} : 高所WAS高 (m)

(参考) シミュレーションにおける各要素の変化による影響について①

シミュレーションにおける各要素の影響

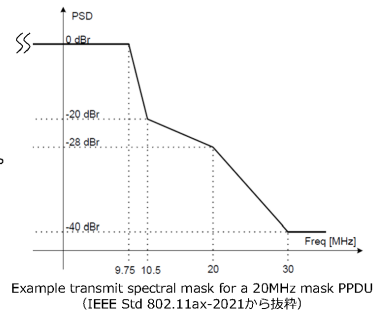
▶ レーダー諸元

・周波数

IEEE802.11axにおけるスペクトルマスクは、右図のとおり規定されている。
無線LANの送信出力上限（10dBm/MHz）を考慮すると、下表（離調周波数ごとの電力値）のとおり、**周波数の離調が小さいほど最終的なマージンが小さくなる。**
ただし、規程上は、離調周波数30MHz以上の場合、電力値の上限は一定とされている。
（例：離調周波数が30MHz以上の場合、20MHzの場合と比べてマージンが12dB変化する。）

離調周波数	電力値
20MHz	-18dBm/MHz
25MHz	-24dBm/MHz
30MHz以上	-30dBm/MHz

【IEEE802.11a/acの離調周波数20MHz以降のスペクトルマスクも同じ数値で規定されている。】



・レーダー高

レーダー高が高くなると、エリア半径（見通し距離）が大きくなり、よりレーダーから遠い位置のWAS/UASの影響を考慮する必要がある。
ただし、レーダーから遠い位置のWAS/UASからの影響は、以下のとおり軽微であるため、エリア半径が大きくなることによる**レーダーへの影響は軽微**であるとする。

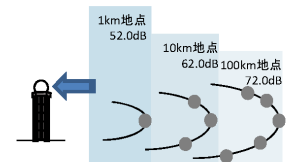
（例）レーダーからの距離を d_t としたとき、伝搬損失は次式により求める。

$$L(d_t) = 20 \log_{10} d_t + 20 \log_{10} f - 147.6 \quad [\text{dB}]$$

レーダーから1km/10km/100km地点の円周上にWASを最大数配置した場合の影響は、下表のとおり。

レーダーからの距離	距離による損失(1台あたり)※	円周上のWAS台数(1 System/kmの場合)	合計	(累積)
1 km	60 dB	6.28 System	52.0 dB	(52.0 dB)
10 km	80 dB	62.8 System	62.0 dB	51.6 dB
100 km	100 dB	628 System	72.0 dB	51.5 dB

※上記のとおり、レーダー近傍のWAS/UASからの影響が支配的であるため、レーダー高が低いかつ俯角観測の場合については別途考慮する。



1km地点の合計値に10km/100km地点の合計値を足し合わせた場合でも、0.5dBの変化が生じない。

(参考) シミュレーションにおける各要素の変化による影響について②

シミュレーションにおける各要素の影響

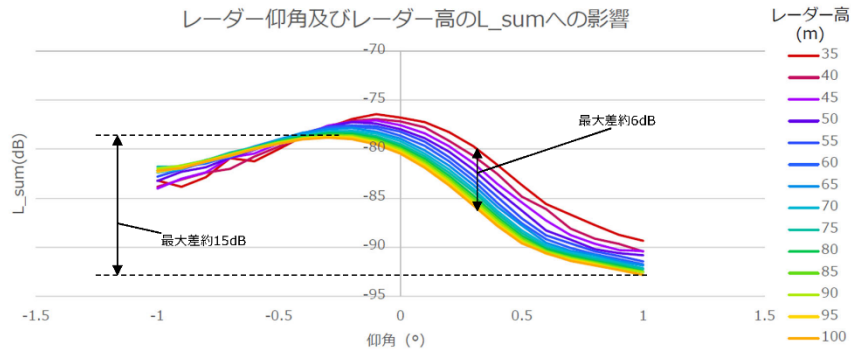
レーダー諸元

・最低仰角

仮想モデルにおいて、レーダー仰角及びレーダー高をパラメータとし、Lsumへの影響を検証した。

シミュレーションの結果（下図）から、今回設定した条件では、

- ①同一仰角において、アンテナ高を変化させることによりLsumが最大6dB程度の振れ幅を持つ
 - ②同一アンテナ高において、仰角を変化させることによりLsumが最大15dB程度の振れ幅を持つことが確認できた。
- 以上から、アンテナ高の高低による変化よりもレーダー仰角による変化の方がレーダーへの影響が大きく、今回設定した条件では、 $-0.3 \sim -0.1^\circ$ 付近にLsumのピークが確認できた。



＜上記検討における仮想モデル諸元＞ 赤字部分の変動による影響

レーダー				エリア半径	UAS			高所WAS			地上WAS	
アンテナ高	アンテナ利得	最低仰角	周波数		設定離隔距離	高度	展開密度	設定離隔距離	設置高度	高所利用率	展開密度	設置高度
35~100m	49dBi	$-1^\circ \sim 1^\circ$	5365MHz	22.7km~41.2km ※アンテナ高から算出	21.5km	1~150m (一様分布)	0.03 System/km ²	1km	30~300m	1%	20 System/km ² ※都市部モデル	30m

(参考) シミュレーションにおける各要素の変化による影響について③

シミュレーションにおける各要素の影響

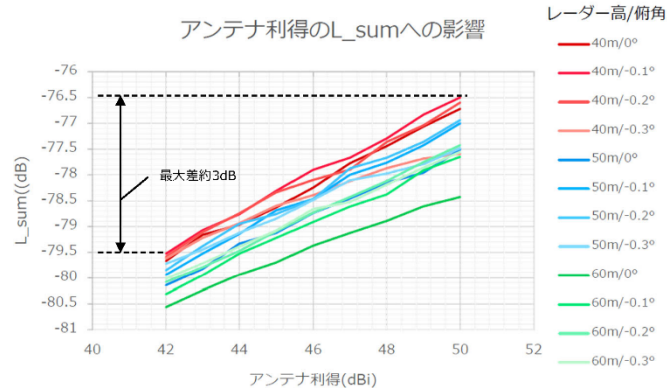
レーダー諸元

・アンテナ利得

仮想モデルにおいて、アンテナ利得、レーダー高及び最低仰角をパラメータとし、Lsumへの影響を検証した。

シミュレーションの結果（下図）から、今回設定した条件では、

- ①アンテナ利得が大きい方がLsumの値が小さくなるが、これはレーダー高及び最低仰角の設定に依らないこと、
 - ②アンテナ利得を変化させることによるLsumの振れ幅は最大3dB程度であることが確認できた。
- 以上から、アンテナ利得の変化によるマージンへの影響は軽微であると考えられる。



＜上記検討における仮想モデル諸元＞ 赤字部分の変動による影響

レーダー				エリア半径	UAS			高所WAS			地上WAS	
アンテナ高	アンテナ利得	最低仰角	周波数		設定離隔距離	高度	展開密度	設定離隔距離	設置高度	高所利用率	展開密度	設置高度
40~60m	42~50dBi	$-0.3^\circ \sim 0^\circ$	5365MHz	22.7km~41.2km ※アンテナ高から算出	21.5km	1~150m (一様分布)	0.03 System/km ²	1km	30~300m	1%	20 System/km ² ※都市部モデル	30m

(参考) シミュレーションにおける各要素の変化による影響について④

シミュレーションにおける各要素の影響

➤ WAS/UAS展開密度

・WAS展開密度

同一エリア内のWAS台数（WAS展開密度）が増加した場合の影響を検証する。

仮に一定距離上にWASを配置し、その密度を変化させた場合の合計損失の変化は以下のとおりであり、

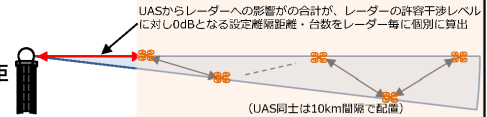
WAS展開密度が増加することによるレーダーへの影響は大きい。

レーダーからの距離	距離による損失(1台あたり)※	円周	密度	円周上のWAS台数	合計
1 km	60 dB	6.28km	2 System/km	12.56 System	49.0 dB
			4 System/km	25.12 System	46.0 dB
			7 System/km	43.96 System	43.6 dB
			20 System/km	125.6 System	39.0 dB
10km	80dB	62.8km	2 System/km	125.6 System	59.0dB
			4 System/km	251.2 System	56.0dB
			7 System/km	439.6 System	53.6dB
			20 System/km	1256 System	49.0dB
100km	100dB	628km	2 System/km	1256 System	69.0dB
			4 System/km	2512 System	66.0dB
			7 System/km	4396 System	63.6dB
			20 System/km	12560 System	59.0dB

密度10倍 → 10dB

・UAS展開密度

シミュレーションにおいては、各レーダーの諸元をもとにメインローブ内の全てのUASからのレーダーへの影響の合計が、レーダーの許容干渉レベルに対し0dB、かつ、UAS同士が10kmの離隔を確保するよう、必要な設定離隔距離・台数をレーダー毎に個別に算出していることから、**レーダー毎に密度が大きく変化するものではない。**



以上の検証を踏まえ、（平成16年及び平成30年の検討時と同様、）「**離調周波数が小さい**」、「**レーダー周辺のWAS密度が高い**」、「**俯角観測を行っている（かつLsumのピーク付近となる）**」レーダーサイトを選択し、シミュレーションの対象とした。