

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
「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」及び
「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」

目次

I	検討事項	6
II	委員会及び作業班の構成	6
III	検討経過	6
1	委員会における検討	6
2	作業班における検討	6
IV	検討概要	8
第1章	検討の背景	8
第2章	「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」について	9
第1節	広帯域無線 LAN システムの概要	9
第2節	国内外における動向	20
2.2.1	国内における動向	20
2.2.2	諸外国における動向	23
2.2.3	諸外国のベンダー等における製品化動向	28
2.2.4	Wi-Fi Alliance における動向	29
第3節	広帯域無線 LAN システムの要求条件	30
2.3.1	対象周波数帯	30
2.3.2	占有周波数帯幅の許容値	31
2.3.3	周波数チャンネル数	32
2.3.4	周波数チャンネル配置	33
2.3.5	伝送速度	34
2.3.6	空中線電力	34
2.3.7	送信バースト長、キャリアセンスの有効期間	35
2.3.8	変調方式	35
2.3.9	キャリアセンスレベル閾値	36

2.3.10 IEEE 802.11be 技術を想定した場合の運用形態	37
第 4 節 他の無線システムとの共用検討	38
2.4.1 周波数共用検討の前提条件.....	38
2.4.2 マルチリンク (Multi-Link) 伝送の導入による影響.....	44
2.4.3 2.4GHz 帯/5GHz 帯システムに対する周波数共用検討	45
2.4.4 6GHz 帯システムに対する周波数共用検討.....	46
2.4.5 同一周波数帯で運用される小電力データ通信システム間の共用 (2.4GHz 帯)	54
2.4.6 同一周波数帯で運用される小電力データ通信システム間の共用 (5GHz 帯)	54
2.4.7 同一周波数帯で運用される小電力データ通信システム間の共用 (6GHz 帯)	54
第 5 節 技術的条件の検討	55
2.5.1 2.4GHz 帯の技術的条件.....	55
2.5.2 5GHz 帯の技術的条件.....	55
2.5.3 6GHz 帯の技術的条件.....	55
第 3 章 「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち「LPI 子局間通信」について	65
第 1 節 概要	65
第 2 節 要求条件	67
第 3 節 他の無線システムとの共用検討	67
3.3.1 周波数共用検討の前提条件.....	67
第 4 節 技術的条件の検討	72
3.4.1 一般的条件	72
3.4.2 技術的条件	73
3.4.3 測定法.....	73
第 5 節 制度化に向けた諸課題	74

第 4 章 「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち	
「5.2GHz 帯自動車内利用の見直し」について	75
第 1 節 概要	75
第 2 節 諸外国における動向.....	76
4.2.1 ITU-R における動向	76
4.2.2 欧州における動向.....	79
第 3 節 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムに対する要求条件	80
4.4.1 周波数共用検討の条件	83
4.4.2 移動衛星システム（MSS フィーダリンク）との共用検討	83
4.4.3 5.3GHz 帯気象レーダーとの共用検討	92
4.4.4 地球探査衛星システムとの共用検討.....	95
4.4.5 無線 LAN システム同士の共用検討.....	97
4.4.6 その他の無線システムとの検討	97
第 5 節 技術的条件の検討	97
4.5.1 自動車内に設置される 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムの一般的条件	97
4.5.2 5.2GHz 帯無線システム自動車内持ち込み端末の一般的条件	98
4.5.3 自動車内に設置される 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムの無線設備の技術的条 件	99
4.5.4 5.2GHz 帯自動車内持ち込み端末の無線設備の技術的条件	99
第 6 節 制度化に向けた諸課題	99
第 5 章 今後の検討課題	100
V 検討結果	102
別添	103
① 「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」	103
1 一般的条件.....	103

2	無線設備の技術的条件.....	105
3	測定法.....	109
②	「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち 「LPI 子局間通信 に係る技術的条件」	109
1	一般的条件.....	109
2	技術的条件.....	110
3	測定法.....	110
③	「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち 「5.2GHz 帯自動 車内無線 LAN システムの子局の技術的条件」	111
1	一般的条件.....	111
2	技術的条件.....	111
別表 1	陸上無線通信委員会 構成員	112
別表 2	5.2GHz 帯及び 6 GHz 帯無線 LAN 作業班 構成員	113
	参考文献	115

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、「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」及び「無線 LAN システムの高度化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 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班を設置し、同作業班において広帯域無線 LAN の導入及び無線 LAN システムの高度化利用に係る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 75 回陸上無線通信委員会（令和 4 年 10 月）（メール検討）

「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」の検討開始並びに無線 LAN システムの高度化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 80 回陸上無線通信委員会（令和 5 年 6 月 8 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「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」の検討開始並びに広帯域無線 LAN の導入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 作業班における検討

①第 6 回作業班（令和 4 年 10 月 26 日）

無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件の検討開始が報告され、今後の検討の進め方について説明が行われた。

②第 7 回作業班（令和 5 年 1 月 30 日）

5.2GHz 帯自動車内無線 LAN の見直し検討を行った。

③第 8 回作業班（令和 5 年 4 月 13 日）

6GHz 帯無線 LAN に関する検討及び 5.2GHz 帯無線 LAN に関する検討を行った。

④第 9 回作業班（令和 5 年 6 月 8 日）

広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件の検討開始が報告され、広帯域無線 LAN の導入に向けた検討を行った。

⑤第 10 回作業班（令和 5 年 6 月 28 日）

広帯域無線 LAN の導入等に向けた検討を行った。

「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」及び「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」に関する検討結果をとりまとめ、作業班報告書案を作成した。

IV 検討概要

第1章 検討の背景

情報通信の高速化は、5G、Beyond 5G（6G）等に代表される携帯端末やIoTの進展とともに、無線LANにおいても急ピッチで規格化や技術研究が進められている。また、コロナ禍で人々の行動が制限されたこの3年間で、テレワークが定着し、リモート業務やWeb会議の増加や、テレビ番組や映画・演劇、ライブショーやスポーツ中継などの動画視聴は、新しい生活スタイルとも言えるほど馴染んだものになった。

このような技術的ブレークスルーと急激な生活スタイルの変化により、トラヒックは激増している。

新たな帯域が必要とされる中、諸外国では、既に6GHz帯無線LANの制度化の動きが進んでおり、米国では、5925～7125MHz帯をLPIモードで、また、5925～6425MHz帯及び6525～6875MHz帯をSPモードで使用可能としているほか、欧州でも5925～6425MHz帯の周波数を使用可能にしている。

また、米国電気電子学会（IEEE）では、6GHz帯を含めた次世代の無線LAN規格として、IEEE 802.11beの策定に向けて議論が進んでいる。近く国際規格として策定されるIEEE 802.11beでは、6GHz帯における320MHz幅の利用などによる超高速化に加えて、異なる周波数帯にまたがって柔軟にデータを伝送することで、従来は難しかった遅延・ジッタの削減が見込まれ、新たな利用シーンへの展開が期待されている。一方、国内では、令和4年9月に6GHz帯のうち5925～6425MHzにおいてVLPモード（屋外も可能な超低電力通信）及びLPIモード（屋内限定の低電力通信）での国内無線LANの使用に関する省令等が公布・施行されている。

これらの状況を踏まえ、我が国としても広帯域無線LANの導入及びその高度化に向けた検討が急務である。

第2章 「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」について

第1節 広帯域無線 LAN システムの概要

高効率無線 LAN である IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6(6E)) ではその前の世代である IEEE 802.11ac (Wi-Fi 5) に対し、混雑した環境下でスループットを改善する。

一方、最大伝送レートという観点では、IEEE 802.11ac での 6.9Gbps に対し、9.6Gbps までしか上がらなかった。そこで、さらに次世代の無線 LAN として根本的に最大伝送レートを底上げし、スループット 30Gbps を目指す広帯域無線 LAN システム IEEE 802.11be の策定が行われている。

IEEE 802.11be 標準化では、スループットのみならず、AR (Augmented Reality) や VR (Virtual Reality)、ゲーム、また産業分野への無線 LAN の利用拡大を図るため、最悪ケースでの遅延及びジッタの改善も目標にしている。

対象周波数帯は 1~7.25GHz としているが、実際は従来の IEEE 802.11ax までと同様の 2.4GHz 帯、5GHz 帯及び 6GHz 帯を使用するものであり、従来規格、すなわち 2.4GHz 帯では IEEE 802.11b/g/n/ax、5GHz 帯では IEEE 802.11a/n/ac/ax、6GHz 帯では IEEE 802.11ax への後方互換を保证する。

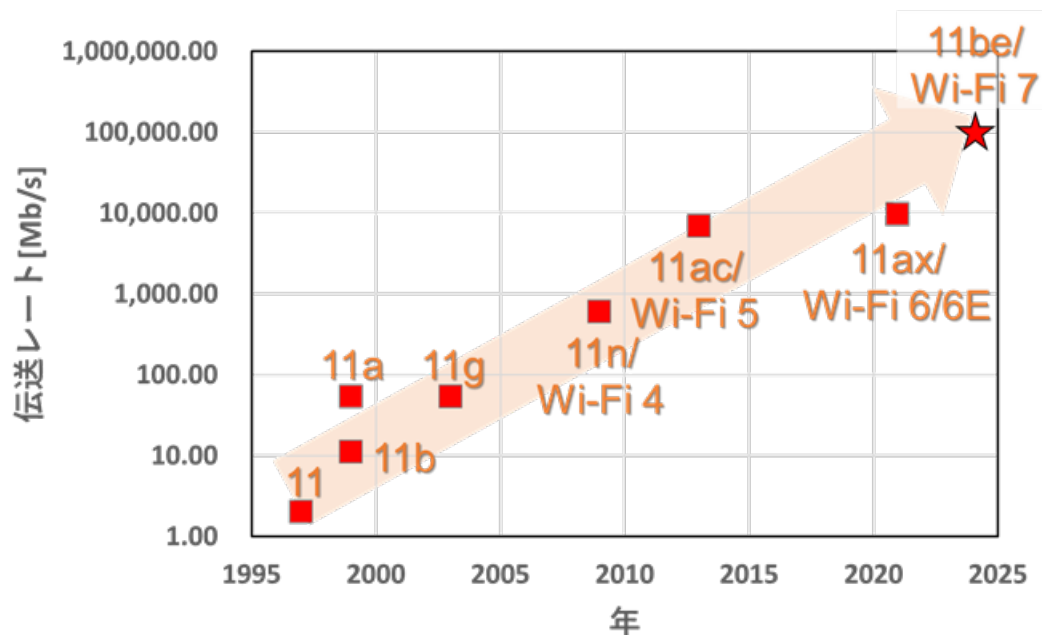


図 2.1-1 IEEE 802.11 無線 LAN 規格の成立時期と各規格で達成する最大伝送レート
(但し、実際の対応製品は規格成立の 2 年ほど前から始まっている)



図 2.1-2 広帯域無線 LAN システムにおいて期待される展開領域の例

オフィスや駅、空港といった無線 LAN の既存領域においてユーザの高スループットへの要求は増す一方である。また、IoT（Internet of Things）領域にも無線 LAN の適用は進んでいる。今後、無線 LAN がより適用範囲を拡大する上で、より高いスループットの実現は新たなアプリケーションの創出をもたらすことが期待される。

そのためには、それと同時にこれまで無線 LAN では不得意とされてきた遅延・ジッタの改善に取り組む必要がある。前述の AR/VR、ゲーム、また産業用途は遅延・ジッタへの要求が高い。例えば AR/VR、また没入型のゲームなどにおいてユーザ体感を高め、また映像酔い低減のためには、高スループットが要求される高解像度の映像ストリーミングに加え、遅延、またその遅延広がりであるジッタを抑える必要がある。

産業用途の分野においても、例えばベルトコンベアー上のものを掴み、組み立て、次の工程に渡すなどをロボットアームで行う場合にその制御を無線で行おうとする際には、遅延やジッタに対する要求が厳しくなる。

これらの例では、無線リンク上の遅延として 1~10ms 未満、ジッタとして 0.2~2ms 未満の性能が要求される試算が出ている。

IEEE 802.11be で 30Gbps 超のスループット及び最悪ケースでの遅延・ジッタの改善に向けて導入する主要技術は以下の 8 つである。

1. 320MHz 幅チャンネル
2. 4096-QAM
3. Multiple Resource Unit (MRU)
4. Restricted Target Wake Time (R-TWT)
5. 1024 Aggregation
6. Preamble Puncturing
7. Multi-Link (ML)

8. Emergency Preparedness Communication Service (EPCS) Priority Access¹

このうち、1～6はIEEE 802.11axまでの従来技術を拡張したものであり、7及び8がIEEE 802.11beで新たに導入される技術である。また、スループット向上に期待される技術は1～3、5～7であり、遅延・ジッタの改善に期待される技術は3、4、6～8である。これらの技術を順に説明する。

1. 320MHz 幅チャンネル

320MHz 幅チャンネルは、従来の40/80/160/80+80 MHz 幅のチャンネル拡張技術を踏襲し、基準となる無線LANの20MHz 幅チャンネルを16個連続で使用するものである。IEEE 802.11axに比べ、チャンネル幅として2倍の周波数帯幅を利用ことができるために、伝送レートも2倍に高速化する。

320MHz 幅チャンネルは、IEEE 802.11beではオプション機能として規定されており、6GHz帯のみで用いられる。

6GHz帯において基地局相当となるアクセスポイント（Access Point: AP）は160MHz幅以上に対応することが必須である一方、陸上移動局相当となるステーション（Station: STA）（以下「端末」という。）では、20MHz幅のチャンネル幅のみに対応することも許されている（20MHz only non-AP STA）。

なお、端末において5GHz及び6GHz帯で20MHz幅より広いチャンネル幅にも対応する場合には、40MHz幅及び80MHz幅のチャンネル対応は必須となっている。

6GHz帯における320MHz幅を含む各チャンネルの割り当てを図2.1-3に示す。

IEEE 802.11規格では、5GHz帯及び6GHz帯の20/40/80/160MHz幅チャンネルは同じチャンネル幅同士で重なり合うような配置を規定してはいないが、6GHz帯の320MHz幅チャンネルについては、160MHzずつずらしたチャンネル配置を設けている。これは、広いチャンネル幅であるが故に、干渉などによりチャンネル配置の選択肢が制限されないよう、柔軟な割り当てを実現する観点から規定されている。

¹ Kate Meng, et al., “IEEE 802.11 Real Time Applications TIG Report”, doc.; IEEE 802.11-18/2009r6, Mar. 2019

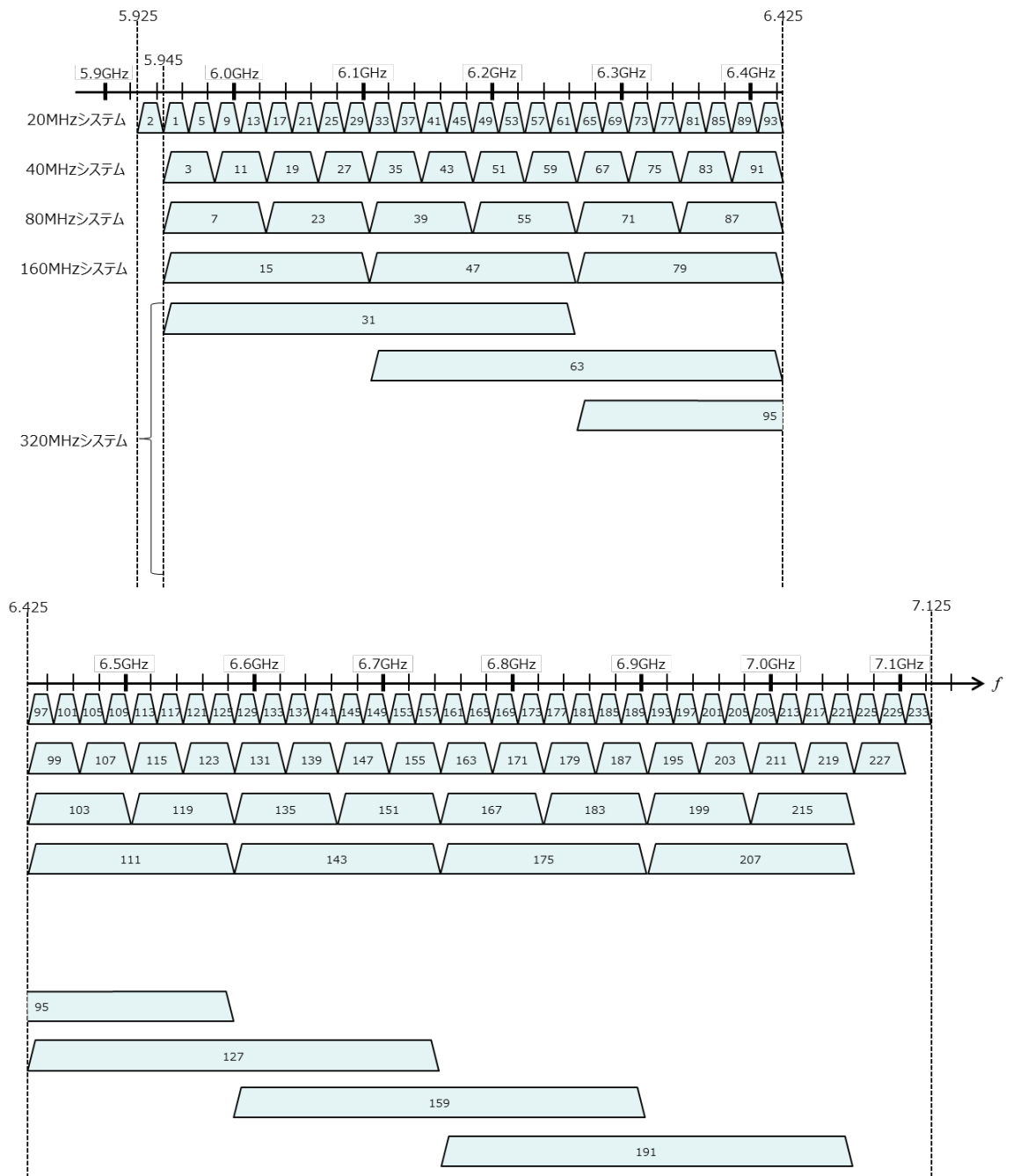


図 2.1-3 6GHz 帯のチャンネル割り当て

IEEE 802.11acにおいて160MHz幅チャンネルを導入した際には、周波数を離して2つの80MHz幅チャンネルを利用する80+80MHz幅チャンネルという非連続のチャンネル(non-contiguous channel)も定義したが、IEEE 802.11beではこのような非連続チャンネルは市場要求が少ないことを見据え、320MHz幅チャンネルに対して周波数を離して2つの160MHz幅チャンネルを利用する160+160MHz幅チャネ

ルは定義せず、また、160MHz 幅チャンネルにおいても、IEEE 802.11ac で定義された非連続のチャンネルの 80+80MHz 幅チャンネルは使用しない。

また、従来の 160MHz 幅と 320MHz 幅の中間的な帯域幅となる 240MHz 幅のチャンネルは定義せず、後述で説明する Preamble Puncturing を使用して 320MHz 幅の一部 80MHz 幅分を歯抜けにした形として扱う。

2. 4096-QAM

4096-QAM は、変調符号化方式 (Modulation and Coding Scheme: MCS) の変調多値数を上げて高速化する技術であり、直交振幅変調 (Quadrature Amplitude Modulation: QAM) のコンスタレーションポイントを、IEEE 802.11ax では 1024 個にした 1024-QAM から、4096 個に増やしたものである。

IEEE 802.11ax の 1024-QAM が 1 シンボル当たり 10 ビットの伝送を行うのに対し、IEEE 802.11be の 4096-QAM では 1 シンボル当たり 12 ビットとなり、伝送レートを 1.2 倍に高速化する。

4096-QAM は、IEEE 802.11be ではオプション機能となっており、高速化への寄与は 320MHz 幅チャンネルや後述の ML よりも低いものの、差異化技術として注目されている。

4096-QAM は、表 2.1-1 のように MCS 12 と MCS 13 に割り当てられており、符号化率 3/4 と 5/6 が定義されている。符号化率 5/6 の場合、前述の 320MHz 幅チャンネルを用いれば 1 ストリーム当たりの伝送レートは最大 2.8824Gbps であり、IEEE 802.11be では最大 8 ストリームであるため、最大伝送レートとしては約 23Gbps となる。

なお、IEEE 802.11be ではシングルストリーム伝送で符号化率 5/6 の 64-QAM (MCS 7) までの対応が必須であり、対応チャンネル幅が 20MHz 幅のみに限定される 20MHz only non-AP STA 以外の場合には、シングルストリーム伝送で符号化率 5/6 の 256-QAM (MCS 9) までの対応が必須となる。

表 2.1-1 IEEE 802.11be の 4×996-tone*¹ (シングルストリーム時の MCS と伝送レート)

MCS インデックス	変調方式	符号化率	伝送レート (Mbps)		
			0.8 μ s GI ^{※2}	1.6 μ s GI ^{※2}	3.2 μ s GI ^{※2}
0	BPSK	1/2	144.1	136.1	122.5
1	QPSK	1/2	288.2	272.2	245.0
2		3/4	432.4	408.3	367.5
3	16-QAM	1/2	576.5	544.4	490.0
4		3/4	864.7	816.7	735.0

5	64-QAM	2/3	1,152.9	1,088.9	980.0
6		3/4	1,297.1	1,225.0	1,102.5
7		5/6	1,441.2	1,361.1	1,225.0
8	256-QAM	3/4	1,729.4	1,633.3	1,470.0
9		5/6	1,921.5	1,814.8	1,633.3
10	1024-QAM	3/4	2,161.8	2,041.7	1,837.5
11		5/6	2,401.9	2,268.5	2,041.6
12	4096-QAM	3/4	2,594.1	2,450.0	2,205.0
13		5/6	2,882.4	2,722.2	2,450.0
15	BPSK-DCM ^{※3}	1/2	72.1	68.1	61.3

※1 320MHz 幅チャンネルと等価

※2 Guard Interval :直交周波数分割多重方式 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing :OFDM) でのシンボル間隔

※3 Dual sub Carrier Modulation:

1 シンボルを2つのサブキャリアに割り当ててロバスト化する変調方式

3. Multiple Resource Unit (MRU)

MRU は、直交周波数分割多元接続方式 (Orthogonal Frequency Division Multiple Access :OFDMA) でユーザを多重する際に用いる周波数単位である RU (Resource Unit) を1ユーザに複数割り当てるものである。IEEE 802.11ax では、図 2.1-4 の左側に示すように1ユーザには1RUしか割り当てられなかった。1ユーザに複数のRUを割り当てられることにより、OFDMA 伝送の際の1ユーザ当たりの伝送レートを高速化でき、またユーザによって干渉を受けるRUが異なる場合には、干渉を避けるRUを選択することによってロバストに伝送できる。RUの組合せが膨大になることを抑えるため、242 トーン未満の少ないサブキャリア数のRUを用いる場合と242 トーン以上のサブキャリア数のRUを用いる場合に分け、前者は256-QAM、4ストリームまでの速度を抑えたロバスト伝送用として2つのRUまでの組み合わせに制限し、後者は高速伝送用として4つのRUまでの組み合わせに制限する。

MRU は必須機能である。



図 2.1-4 IEEE 802.11ax と IEEE 802.11be での OFDMA におけるユーザの RU 割り当てイメージ

4. Restricted Target Wake Time (R-TWT)

R-TWT は既存のスケジューリング機能である Target Wake Time (TWT) を、低遅延トラフィック送信にさらに拡張した機能である。

Stream Classification Service (SCS) を遅延クリティカルなトラフィックのサービス周期や要求伝送レート、サービス開始時刻など、Quality of Service (QoS) 関連のパラメータを細かく設定できるよう拡張し、R-TWT でのスケジューリングに反映できるようにしている。

R-TWT はオプション機能として規定されている。

5. 1024 Aggregation

高効率化によりスループット改善に寄与する技術として、1つの物理パケットで複数の MAC フレームを送信するフレーム集約という手法がある。

1つの物理パケットで送信できる MAC フレームの数は選択再送時の応答フレームで表現できる MAC フレーム数や最大物理パケット長などで制限される。

IEEE 802.11ax では、1つの物理パケットで 256 個の MAC フレームを送信できるところ、IEEE 802.11be では 1024 個の MAC フレームを送信できる。

1024 Aggregation は、送受信間でネゴシエーションにより利用できるオプション機能である。

なお、最大物理パケット長は IEEE 802.11ax と同じ $5,484 \mu s$ である。

6. Preamble Puncturing

Preamble Puncturing は、OFDMA 利用時にビーコンフレームを送信する以外の一部 20MHz 幅サブチャネルを物理パケットのプリアンブル部から歯抜けで送信する技術として IEEE 802.11ax から導入された。送信例を図 2.1-5 に示す。

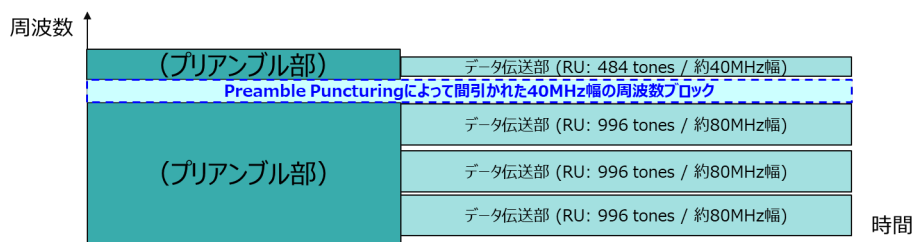


図 2.1-5 Preamble Puncturing を利用した送信の例

一部の 20MHz 幅サブチャネルに干渉がある場合に、それを避けて送信することで、他システムへの干渉を低減するとともに、可能な限り広帯域伝送を確保・実現することができる。

関連して、IEEE 802.11be では 20MHz 幅サブチャネル単位でキャリアセンスを行う規定となった。

なお、ビーコンを送信する 20MHz 幅のプライマリチャネルにおいてビジーを検出した場合には、いずれのサブチャネルでも送信を行わない。

例えば、80MHz 幅チャネルの一部の 20MHz 幅サブチャネルに干渉がある場合に、Preamble Puncturing を用いると図 2.16 の(a)のように合計で 60MHz 幅の幅での送信を行えるが、Preamble Puncturing を用いないと (b)あるいは(c)のように、より狭い周波数幅でしか送信できない。

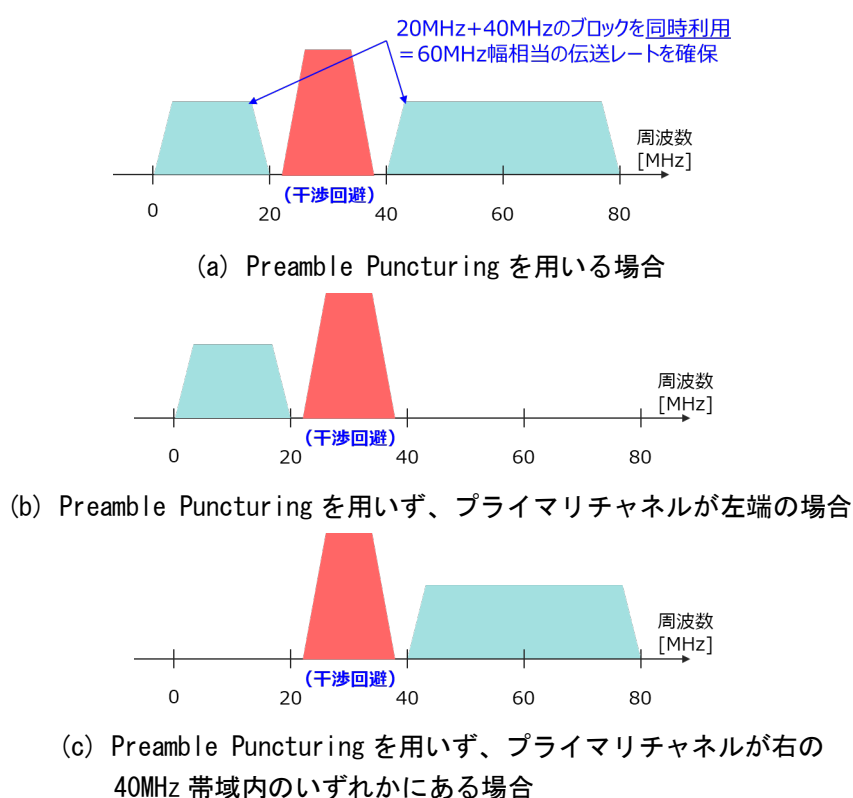


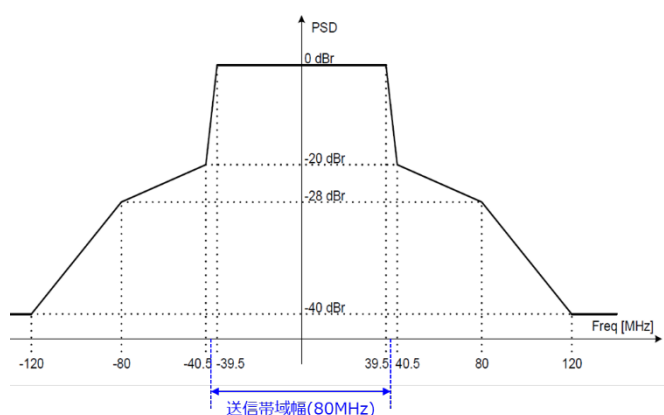
図 2.1-6 80MHz 幅チャネル内に干渉がある場合の Preamble Puncturing を用いる場合と用いない場合の送信の例

Preamble Puncturing は、5GHz 帯及び 6GHz 帯において、80MHz 幅チャネル以上を利用する場合への適用に限られる。

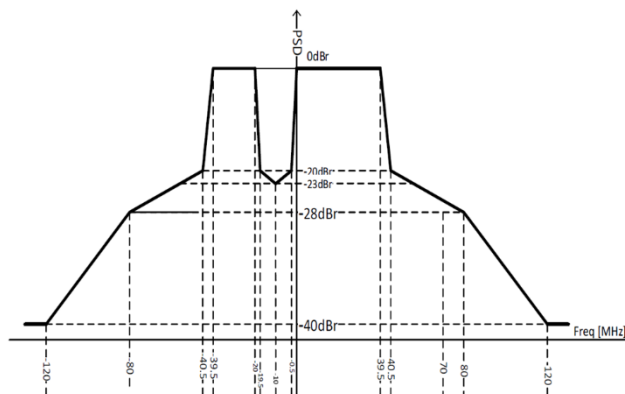
IEEE 802.11ax ではオプション機能であり、またアクセスポイントからの下りリンクの OFDMA を実施する際への適用に制限されていたが、IEEE 802.11be では前述の MRU が必須機能として入ったことに伴い、Preamble Puncturing の適用可能な物理パケットが下り OFDMA に限らず拡大され、Preamble Puncturing 自体も必須機能となった。

また、IEEE 802.11be ではアクセスポイントから配下の端末に Preamble Puncturing を適用する 20MHz 幅サブチャネルを予め指示する仕組みが入れられた。予め puncturing を実施する 20MHz 幅サブチャネルの部分(以下、puncturing ブロック)は、データ伝送に用いないため、キャリアセンスが義務付けられていない。

puncturing ブロックに対するスペクトルマスクは IEEE 802.11be で規定されている。puncturing ブロックがない場合の 80MHz 幅チャネルのスペクトルマスクは図 2.1-7 (a)に示すとおりであるが、例えば左から2つ目の 20MHz 幅サブチャネルが puncturing ブロックの場合のスペクトルマスクは(b)に示すとおりとなる。



(a) puncturing ブロックがない場合の 80MHz 幅スペクトルマスク



(b) puncturing ブロックがある場合の 80MHz 幅スペクトルマスク

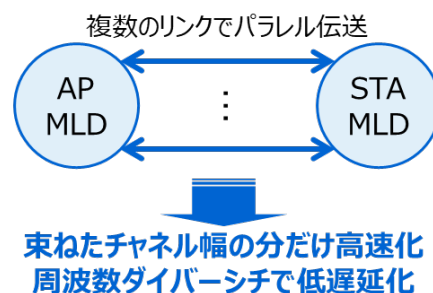
図 2.1-7 80MHz 幅チャネルのスペクトルマスク (IEEE P802.11be D3.0 参照²)

² IEEE P802.11be D3.0 Figure 36-70 (Example for the construction of the overall interim spectral mask for 80 MHz EHT PPDU with the second lowest 20 MHz subchannel punctured PSD) (p. 873) を基に作成。

7. Multi-Link (ML)

Multi-Link は、IEEE 802.11be から新しく導入された技術である。図 2.1-8 に示すとおり、複数の無線リンク (周波数チャネル) を使って平行に伝送するものであり、束ねた周波数チャネル幅の分だけ高速化するとともに、周波数ダイバーシティの効果で低遅延化が図られる。

Multi-Link はアクセスポイント側には必須機能として規定されている。



MLD: Multi-Link Device。一つのデバイス内に複数のAPを持つものがAP MLD、複数のSTAを持つものがSTA MLD

図 2.1-8 Multi-Link のイメージ

Multi-Link の各リンクの物理・MAC レイヤ仕様は、既存のシングルリンクの IEEE 802.11 無線 LAN を拡張する形で策定されている。

既存の小電力データ通信システムとして規定され制度整備されている範囲内の複数無線リンクの活用であり、各リンク独立に既存の無線 LAN と同様のキャリアセンスを行い、他の無線局が利用していない場合においてのみ送信が可能となる。

従って、LTE-Advanced や 5G におけるキャリアアグリゲーションとは本質的に異なり、標準規格として複数キャリアの同時送信を行うことを必須条件とした仕様ではない。

各無線リンクで独立に送受信ができると、高スループット、低遅延・低ジッタを実現でき、理想的である。このように、無線リンク間で送受信のアイソレーションが取れ、各々独立に送受信ができるものを Simultaneous Transmit and Receive (STR) モードと呼ぶ。

一方、実装によっては無線リンク間で送受信のアイソレーションが十分に確保できず、図 2.1-9 のように一方のリンクでの送信信号が他方のリンクに回り込み、干渉となってしまう場合がある。このような状況では、一方のリンクで送信していると他方のリンクでキャリアセンスがうまく機能しない。

そこで、IEEE 802.11be では Non-Simultaneous Transmit and Receive (NSTR) モードや Enhanced Multi-Link Single Radio (EMLSR) モードなどが定義されている。

なお、IEEE 802.11be ではこのような無線リンク間での干渉を端末（アクセスポイント以外の端末）及びモバイルアクセスポイント（移動運用するアクセスポイント）では許容する規定となっている。

一方、モバイルアクセスポイントでないアクセスポイントに関しては、STR モードであることが要求される。また、一方のリンクに 2.4GHz 帯を使い、もう一方のリンクに 5GHz 帯あるいは 6GHz 帯を使う場合には、端末であっても STR モードであることが要求される。

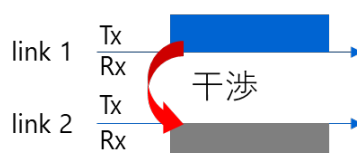


図 2.1-9 Multi-Link における自己干渉

NSTR は、ある時刻において問題となる無線リンク間の送信状態と受信状態が混在しないようアクセスポイント側の制御により送信期間を同期させるモードである。同時に送信することで、リンク間での送信状態と受信状態の混在を避ける。

EMLSR は、複数リンクを実装しリンクを切り替えるが、フレーム交換を実施する際に、ある単一のリンクに限定するモードである。

8. Emergency Preparedness Communication Service (EPCS)

Priority Access

EPCS Priority Access は、IEEE 802.11be で新しく導入された技術である。

緊急警報を優先的に送信できるように、CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 下で一部認証ユーザの送信アクセス権を優先する仕組みである。

IEEE 802.11be 標準化は図 2.1-10 に示すとおり、令和 5 年 6 月時点で、令和 6 年 12 月に成立の予定となっている。

一方、令和 4 年には既に IEEE 802.11be に対応する Wi-Fi Alliance での認証名になる「Wi-Fi 7」対応のチップやルーター製品の発表が開始されている。

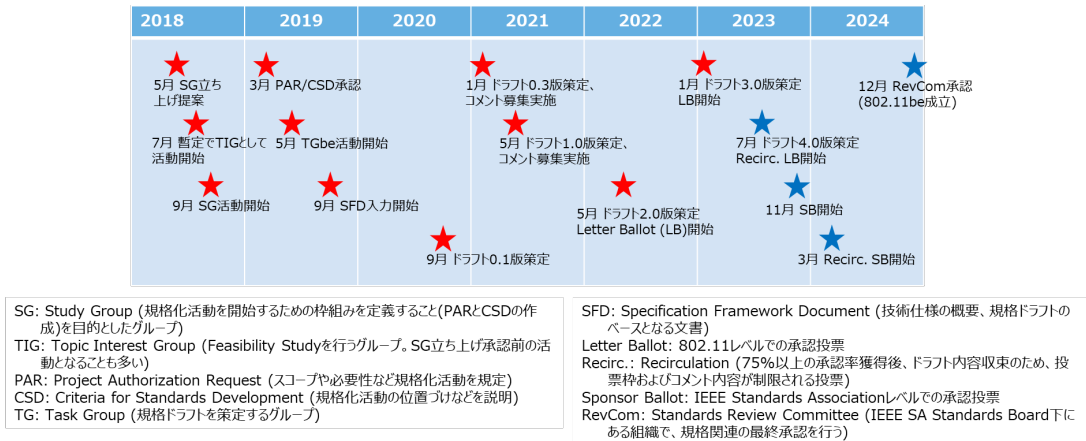


図 2.1-10 IEEE 802.11be 標準化スケジュール

第2節 国内外における動向

2.2.1 国内における動向

国内の無線 LAN については、令和4年9月に6GHz帯(5925~6425MHz)においてVLPモード及びLPIモードでの国内無線LANの使用に関する省令等が公布・施行された、令和4年度において無線LANの高出力化(SPモード)の検討及び周波数帯(6425~7125MHz)における周波数拡張の可能性について検討を行ってきた。

これにより、国内における無線LAN機器を扱うベンダー等においては、6GHz帯(5925~6425MHz)を用いた無線LAN機器の市場投入が始まった。更に6GHz帯無線LANに係る新たな国際標準規格としてIEEE 802.11beによるWi-Fi 7の認証試験が令和6年1月頃を目途に開始の動きがある。

これらの進展度合いを踏まえ、今後、国内における無線LANの準備状況や期待感、課題など技術的課題について、無線LANに係る5事業者に対して、無線LANに係る新たな国際標準規格を見越した準備事項等、更に現行制度に対する見直し、制度拡充要望事項等についてアンケート調査を実施した。

アンケートの詳細は後述するが、IEEE802.11be(Wi-Fi 7)の導入により、より高速で安定した通信が可能になると期待する声が多く寄せられ、6GHz帯の利用拡大や320MHz幅チャネルの導入など、IEEE802.11be(Wi-Fi 7)の早期実現に向けて、制度の見直しを強く望んでいることが分かった。

(1) アンケート調査の実施

国内において、無線LANの製品を顧客企業に導入する支援を実施するベンダー及び無線LAN市場に製品を提供するメーカーを対象にアンケート調査を実施した。

なお、調査対象者の区分と主な事業概要を表 2.2-1 に示す。

表 2.2-1 調査対象者の区分と主な事業概要

分類	組織の主な事業概要
ベンダーA	半導体の設計開発 等
メーカーA	ICT 等の電気機器等の製品・サービス 等
メーカーB	電気機械器具卸売業 等
メーカーC	パソコン周辺機器の製造・販売 等
メーカーD	電気・電子機器の開発・設計・販売 等

アンケート調査の詳細は下記のとおり。

- 1) 実施期間 : 令和5年5月1日(月) ~ 同月18日(木)
- 2) 実施方法 : メールによる調査
- 3) 調査対象事業者数 : 5事業者
- 4) 回答者数 : 5業者者
- 5) 実施内容

本調査については、以下の4つのカテゴリーに設問を分けて実施した。

カテゴリー1 : 今後の制度見直しについて

- ・6GHz 帯無線 LAN に係る新たな国際標準規格として IEEE 802.11be による Wi-Fi 7 の認証試験が令和5年1月頃目途に開始の動き、それを見越した準備事項等、更に現行制度に対する見直し、制度拡充要望事項等

カテゴリー2 : 無線 LAN 機器の広帯域化・マルチリンクについて

- ・最大 320MHz 幅の広帯域化・マルチリンクの動きがあり、それに対する期待度、実現時期や製品開発における課題等

カテゴリー3 : 無線 LAN 機器の現状と課題について

- ・6GHz 帯 (5925~6425MHz) を用いた無線 LAN 機器の市場投入が始まり、6GHz 帯を含む無線 LAN 機器の進展に追従していく上で、製品・サービス販売の見通しや課題、開発中の製品例等

カテゴリー4 : 無線 LAN 機器の高出力化・周波数拡張について

- ・6GHz 帯無線 LAN の高出力化及び周波数拡張の実現に向けての期待度合い、それらに伴う技術的課題等

- 6) アンケート結果のまとめ

カテゴリー 1：今後の制度見直しについて

〈今後の制度見直し〉

- ・ Wi-Fi 7 の導入により、更なる高速で安定した通信が可能になると期待している。
- ・ 6GHz 帯の利用拡大や、320MHz 幅チャネルの導入など、Wi-Fi 7 の早期実現に向けて、制度の見直しを強く望んでいる。
- ・ 技術基準や試験方法については、世界的な基準に準拠することが重要。
- ・ 周波数拡張により、より多くのユーザが同時通信できるようにすることが望ましい。

〈課題〉

- ・ 周波数帯域の拡張が遅れている。IEEE 802.11be の特性を有効的に活用できる周波数帯域は 6GHz 帯であるが、日本では 6GHz 帯の一部 (5925~6425MHz) しか認められておらず、諸外国に比べ Wi-Fi 7 の利用が遅れる事になる。

カテゴリー 2：無線 LAN 機器の広帯域化・マルチリンクについて

〈無線 LAN 機器の広帯域化・マルチリンク〉

- ・ 無線 LAN のチャネルが 320MHz 幅に広帯域化されることで、スループットが向上し、高速データ転送やリアルタイムの映像転送に使用できる。
- ・ マルチリンクについては、低遅延化の効果が期待されている。
- ・ ベンダー側では、320MHz 幅とマルチリンクに対応した製品はすでに準備が整っているとの事。
- ・ メーカー側では、製品化時期はデバイスベンダーの製品ラインアップ次第との事。

〈課題〉

- ・ 周波数帯域の不足。6GHz 帯は、無線 LAN 機器の広帯域化・マルチリンクに適した帯域だが、電波天文帯域など、他の利用者との共用が更に必要で、利用できる周波数帯域が限られている。
- ・ 技術基準の未整備。無線 LAN 機器の広帯域化・マルチリンクには、より高性能な無線 LAN 機器が必要。しかし、現時点では技術基準が整備されていない。
- ・ マルチリンクにより、クライアント製品の消費電力が増加するため、特に小型クライアント製品の熱処理が課題。

カテゴリ 3 : 無線 LAN 機器の現状と課題について

〈無線 LAN 機器の市場投入状況〉

- ・ 6GHz 帯に対応した無線ルーター、スマートフォン、PC 向けのチップセットはすでに準備されている。
- ・ 6GHz 帯対応端末(子機)がスマートフォンやタブレット、パソコンとして増えるほど、周波数利用が実際のマーケットで広がり、ユーザに浸透していくと予想している。

〈課題〉

- ・ 認証費用の削減と USB ドングルの小型化が課題。
- ・ 最新の一部ハイエンド製品は 6GHz 帯に対応しているが、搭載コストが課題。
- ・ Wi-Fi 7 では、複数帯域を同時・同期送信するデバイスが計画されているが、無線 LAN 以外のシステムへの干渉を防ぐための技術的な検討が必要。

カテゴリ 4 : 無線 LAN 機器の高出力化・周波数拡張について

〈無線 LAN 機器の高出力化・周波数拡張〉

- ・ 日本の 6GHz 帯で使用できるチャンネルを増やすことで、無線 LAN の速度と効率を向上させることが可能。
- ・ 高出力化と周波数拡張は、安定した通信とサービスエリアの拡大に貢献する。
- ・ SP モードは、屋外でのテザリング使用時の通信範囲の拡大に期待できる。
- ・ SP モード機器の使用が認められ、モバイル AFC も検討されることを期待する。

〈課題〉

- ・ 高出力化や周波数拡張により、無線 LAN の電波が飛び交う範囲が広がり、干渉の増加が懸念。特に、6GHz 帯は他の無線通信との競合が激しいため、干渉対策が重要。
- ・ 周波数拡張によるスキャン時間の増加が課題。
- ・ AFC は位置決めのシステムに課題。

2.2.2 諸外国における動向

(1) 320MHz チャンネル幅について [連邦通信委員会 (FCC)]

- ・ FCC Report and Order and Further Notice of Proposed Rulemaking (FCC 報告書と規制案)

連邦通信委員会 (FCC) は報告及び命令並びに規則制定提案追加通知 [FCC 20-51 パラグラフ 18] において、6GHz 帯全体を無線 LAN アクセスポイントの屋内低電力利用に許可をした。

これにより、最大 320MHz 幅のチャンネル幅を使用して無線 LAN の容量とパフォーマンスの拡張に期待。更に次世代の無線 LAN デバイスを見越したものであり、米国をイノベーター及びグローバルなスペクトラムポリシーリーダーとしての役割を前進される旨が示されている³。

- ・ FCC 規則 第 15.407 条(a) (10)

この規則において、無線局免許を取得することなく電波を使用できる無線通信システム (U-NII : Unlicensed National Information Infrastructure) で 5925~7125MHz 帯にて動作する U-NII デバイスは、最大 320MHz のチャンネル幅を使用することが示されている⁴。

(2) 米国における動向

- ・ 全米放送事業者連盟

(NAB : National Association of Broadcasters)

Apple が連邦通信委員会 (FCC : Federal Communications Commission) に提示している 6GHz 帯の超低消費電力 (VLP) アプリケーションの干渉リスクに関する分析について疑問を呈し、ニュース価値のあるイベントは、「屋内・屋外を問わず、群衆の近くで行われることが多い」ため、「技術ニュース収集 (ENG : Engineering News Gathering) 業務は、近くの VLP 機器から有害な干渉を受けやすく、特に、VLP 機器を使用している可能性のある個人と ENG 業務の間に物理的な分離がほとんどない場合」と NAB は説明。(令和 5 年 2 月)

- ・ American Telephone & Telegraph (AT&T)

Cable Labs が令和 4 年に行った 6GHz 帯の電力レベル感度に関する研究に疑問を呈し、同帯域のさらなる規制緩和につながると主張。ケーブル業界は、6GHz 帯の低電力屋内 (LPI) 装置が固定リンクの 99.999% の信頼性に何らかの影響を与える前に、電力スペクトル密度 (PSD) 制限を

³ 出典 : <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-51A1.pdf>

⁴ 出典 : [https://www.ecfr.gov/current/title-47/chapter-I/subchapter-A/part-15/subpart-E/section-15.407#p-15.407\(a\)\(10\)](https://www.ecfr.gov/current/title-47/chapter-I/subchapter-A/part-15/subpart-E/section-15.407#p-15.407(a)(10))

大幅に高いレベルまで引き上げる必要があるが、そのような PSD レベルにおいても、6GHz 帯 LPI 装置は固定リンクの可用性を極めて低くすることを証明したと主張。(令和 5 年 3 月)

- ・ FirstEnergy Corp (アメリカの公益事業会社) 等
重要インフラである、マイクロ波ポイントツーポイント(Microwave P2P)固定リンクに低電力機器が干渉を及ぼす影響を懸念。
Wi-Fi 6E 及び Wi-Fi 7 デバイスの現在及び予測される市場浸透を考慮すると、すべての免許不要の 6GHz エミッターに対して AFC を義務付けることが、重要インフラ通信への壊滅的な影響を回避するための唯一の合理的な方法と主張。(令和 5 年 5 月)
- ・ 公共安全、重要インフラ等 6GHz 帯の既存免許人
FCC に対して以下の要求を行っている。(令和 5 年 5 月)
 - ・ 既存免許人のコスト回収を含む規則制定
 - ・ 干渉の検出、識別、報告、追跡、除去の改善 (一般に利用可能な集中干渉報告ポイントの創設を含む)
- ・ Broadcom (半導体製品やソフトウェアを製造販売企業)
6GHz 帯の調整なしの超低電力 (VLP) デバイスの使用を承認する FCC 措置を要求。(令和 5 年 5 月)

(3) 欧州における動向

【CEPT WG SE45 (欧州郵便電気通信主管庁会議 (CEPT)・ワーキンググループ周波数エンジニアリング 45) 第 19 回会合結果[令和 5 年 2 月 28 日～3 月 3 日@仏国レンヌ]】

- ・ 5935MHz 未満の 6GHz VLP WAS/RLAN の OOB (Out of Band Emission) 制限 (SE45_03)
WAS/RLAN デバイスと CBTC (Communication-based Train Control) 受信機間の結合損失について、Gagny (フランスのイル・ド・フランス地域圏) でのオンサイト測定キャンペーンからの詳細なレポートが発表。屋外に設置された都市鉄道のテストベースでは、4 つのシナリオが設定され、その結果について議論。
会合では、CBTC 受信機の実験評価に関するラボでの測定が最終決定され、その結果は次回の SE45 会議で発表される予定であることが報告。MCL (Minimum Coupling Loss) の追加測定と作業がまだ必要であり、お

そらく地下鉄路線でのテストが含まれる。次回会合で ECC レポート草案の更新が決定され、合意された資料に基づく適切な貢献を要請した。

・ 6425～7125MHz における WAS/RLANS (SE45_04)

共用検討で使用する WAS/RLAN の仮定とパラメータについて継続作業。特に RF Activity Factor と Market Adoption Factor の共通パラメータを定義するために、広範な議論が実施。

SE45 は、2つのパラメトリックシナリオを採用することに合意。1つは ECC レポート 302 のパラメータ値を使用し、もう1つはこれらのパラメータに異なる値を設定したもの。後者の分析では、予測されるデータ需要の整合性が評価されることになる。

SE45 は、共用検討において、WAS/RLAN 技術の進化を考慮した RF Activity Factor 値の調査を継続することに合意。このような RF Activity Factor の値の評価は、欧州委員会合同研究センター (JRC-EC: Joint Research Centre of the European Commission) のような第三者から測定による強力な証拠が提供された場合にのみ検討されることに留意。シミュレーションを進めるための WAS/RLAN のパラメーター式を完成させ、改良するためには、さらにいくつかの議論が必要。したがって、SE45 は、ECO フォーラムでの文書により作業を進めることに合意。ECC レポート草案は更新されなかった。

・ 5945～6425MHz 帯の高出力 WAS/RLAN (SE45_05)

SE45 は、5945～6425MHz 帯の高出力 WAS/RLAN に関する共有・互換性検討に関する ECC レポート草案の資料収集を開始。また、高出力 WAS/RLAN デバイス DSACF (Dynamic Spectrum Access Coordination Function) が使用できるようにするための技術的条件についても、規制に関する検討は SE45 の作業範囲外であることを想起して、最初に検討された⁵。

【CEPT CPG ECC PT1 (欧州郵便電気通信主管庁会議 (CEPT) ・ 電子通信委員会 ・ プロジェクトチーム 1) 第 74 回会合 [令和 5 年 4 月 24～28 日 トロンハイム]】

- ・ 6425～7125MHz 帯を WAS/RLAN と MFCN (Mobile/Fixed Communications Network) で共用することについて、プロジェクトチーム 1 は、新たなワークアイテムとして ECC 報告書の草案の作成を開始した⁶。

⁵ 出典 : <https://www.cept.org/ecc/groups/ecc/wg-se/se-45/news/se4519-adopted-wasrlan-parameters-for-studies/>

⁶ 出典 : <https://www.cept.org/ecc/groups/ecc/ecc-pt1/news/outcome-of-ecc-pt174/>

- ・ 6425～7125MHz 帯を WAS/RLAN と MFCN で共用するための研究のためのパラメータを要求する文書 (LS : Liaison Statement) を SE45 に提出する事を合意した。

【欧州電波管理会議 (第 18 回) [令和 5 年 6 月 6 日～7 日@ブリュッセル]】

- ・ 5G や次世代通信技術の開発に向けた議論

6 月 6 日のセッション 4 では、「上位 6GHz コンセンサスを得ることができるか? (Upper 6GHz - can a consensus be reached?)」というテーマで議論が行われた。

Lee Sanders 氏 (エイザコンサルティング) [モデレーター]、
Giles Brégant 氏 (フランス国家周波数庁)、
Pavel Sistek 氏 (チェコ共和国電気通信庁)、
Detlef Fuehrer 氏 (ヒューレット・パッカード・エンタープライズ)、
Stephen Pentland 氏 (ボーダフォン)

5 人が登壇し、上位 6GHz 帯域の利用可能性について意見交換を行うパネルディスカッションでは、上位 6GHz 帯の利用について、規制当局の見解や課題が共有され、上位 6GHz 帯は 5G や衛星通信などの新しいサービスの展開に期待されている帯域であり、干渉や電磁波被曝などの課題がある事を確認。課題を解決し、上位 6GHz 帯を有効に活用するためには、国際的な協力が重要であると強調した⁷。

(4) その他の国・地域、団体における動向

[シンガポール]

情報通信メディア開発庁 (IMDA : Infocomm Media Development Authority)、6GHz 帯低域 (5925～6425MHz) を Wi-Fi 用途に割り当て、160MHz 幅チャンネル幅の利用をサポート。Wi-Fi 6E 対応機器やデバイスは、令和 5 年第三四半期に市販される見通し。(令和 5 年 5 月)

[アルゼンチン]

通信・放送・郵便分野の規制機関 (ENACOM : Ente Nacional de Comunicaciones)、既存の固定リンクとの共存が可能とし、5925～7125MHz の全てを無線 LAN へ配分。(令和 5 年 5 月)

[FTTH Council Europe ASBL]

⁷ 出典 : <https://spectrummanagement.eu/>

Wi-Fi 6E、Wi-Fi 7 及び次世代無線 LAN のために、6GHz 帯高域（6425～7125MHz）での利用を支持。消費者が FTTH（Fiber To The Home）導入の恩恵を十分に受けられるよう、将来性のファイバー接続ネットワークは、同等の性能を持つ接続ソリューションによって、顧客宅内で完結することが必要。

2.2.3 諸外国のベンダー等における製品化動向 最大チャネル幅 320MHz 幅対応製品について

- ・アメリカ (Qualcomm)

Wi-Fi 7 対応のアクセスポイント向けチップセット「Networking Pro Series Gen 3」を発表（令和 2 年 5 月／サンプル出荷開始）した⁸。

- ・アメリカ (Broadcom)

Wi-Fi 7 対応チップセットを発表（令和 4 年 4 月／サンプル出荷開始）した⁹。

- ・ BCM4398 endpoint/CPE（スマートフォンやタブレットなどの端末向け）

- ・ BCM67263 & BCM6726 Wi-Fi routers/AP（ルーターやアクセスポイント向け）

- ・ BCM43740/BCM43720 Enterprise-class wireless gateway（企業向けの無線ゲートウェイ向け）

- ※ FCC 機器認証申請（令和 4 年 12 月）

- ・アメリカ (NETGEAR)

ルーター Nighthawk RS700 を発売（令和 5 年 3 月）

- ※ FCC 機器認証申請（令和 5 年 6 月）

- ・台湾 (MediaTek)

プラットフォーム Filogic 880、Filogic 380 を発表（令和 5 年 2 月）

- ※ FCC 機器認証申請（令和 5 年 1 月）¹⁰

⁸ 出典：<https://www.qualcomm.com/news/releases/2022/05/qualcomm-debuts-wi-fi-7-networking-pro-series-worlds-most-scalable>

⁹ 出典：<https://www.broadcom.com/company/news/product-releases/60186>

出典：<https://pc.watch.impress.co.jp/docs/news/1402493.html>

¹⁰ 出典：<https://fccid.io/RAS>

※ 台湾国内では 6GHz 帯の無線 LAN への割当は検討中¹¹

・台湾 (ASUS)

ルーター BE19000 Tri Band WiFi 7 Router (RT-BE96U) を発表 (令和 5 年 6 月)

※ FCC 機器認証申請 (令和 5 年 1 月)

※ 台湾国内では 6GHz 帯の無線 LAN への割当は検討中

・中国 (H3C)

ルーター Magic BE18000 を発表 (令和 4 年 8 月)¹²

※ FCC 機器認証申請 (不明)

※ 中国国内では 6GHz 帯の無線 LAN への割当はなし

・中国 (TP-Link)

ルーター Archer BE900 を発表 (令和 5 年 3 月)

※ FCC 機器認証申請 (不明)

※ 中国国内では 6GHz 帯の無線 LAN への割当はなし (Wi-Fi Alliance®)

2.2.4 Wi-Fi Alliance における動向

Wi-Fi Alliance では、IEEE 802.11be 規格に対応する Wi-Fi 認証、Wi-Fi 7、に関しての準備をすでに開始していることを発表している¹³。また業界リーダーによる Wi-Fi 7 関連の機能を紹介するポッドキャスト発信では令和 5 年から令和 6 年の初めにかけて Wi-Fi 7 認証の開始が見込まれることが言及されている¹⁴。

¹¹ 出典 : Wi-Fi Alliance®, <https://www.wi-fi.org/countries-enabling-wi-fi-in-6-ghz-wi-fi-6e>

¹² 出典 : <https://www.techinsights.com/blog/first-commercially-available-wi-fi-7-80211-be-wireless-router-h3c-magic-be18000>

出典 :

https://www.h3c.com/en/Products_and_Solutions/IntelligentTerminalProducts/Magic/BE18000/

¹³ 出典 : <https://www.wi-fi.org/who-we-are/current-work-areas#Wi-Fi%207>

¹⁴ 出典 : Episode 34: Multi-Link Operation (MLO) is bringing ultra-low latency to Wi-Fi 7 with Vijay Nagarajan of Broadcom
<https://www.wi-fi.org/signal/episode-34-multi-link-operation-mlo-is-bringing-ultra-low-latency-to-wi-fi-7-with-vijay>

出典 : Episode 36: Exploring Wi-Fi 7's advanced feature set with Rahul Patel of Qualcomm

<https://www.wi-fi.org/signal/episode-36-exploring-wi-fi-7s-advanced-feature-set-with-rahul-patel-of-qualcomm>

第3節 広帯域無線 LAN システムの要求条件

2.3.1 対象周波数帯

広帯域無線 LAN システムの導入に際しては、現在、IEEE 802.11 TG (Task Group) be において標準化が進められている技術方式を前提とすることが望ましい。IEEE 802.11be は、2.4GHz 帯、5GHz 帯及び 6GHz 帯における利用が想定されている。

2.4GHz 帯については、産業科学医療用 (ISM) 帯域であり、この周波数帯で運用する無線通信業務は、ISM からの有害な混信を許容することとなっているため、小規模でグローバルな利用が想定された ISM 機器からの有害な混信を許容することを前提とした無線 LAN の導入が比較的容易であった。これらを踏まえ、我が国では特定小電力無線局や小電力データ通信システムの無線局を免許不要で運用でき、無線 LAN や Bluetooth を始めとする様々な無線システムに使用されている。

5GHz 帯については、我が国において 5150～5350MHz 及び 5470～5730MHz の周波数帯が 5GHz 帯小電力データ通信システムに割り当てられていること、また 5150～5250MHz の周波数帯が 5.2GHz 帯高出力データ通信システムに割り当てられていることを踏まえた上で、これを高度化することを考慮する必要がある。

6GHz 帯については、我が国において 5925～6425MHz の周波数帯が 6GHz 帯小電力データ通信システムに割り当てられていることを踏まえた上で、これを高度化することを考慮する必要がある。

従って、本検討の対象周波数帯は、現在我が国において 2.4GHz 帯小電力データ通信システム、5GHz 帯小電力データ通信システム、5.2GHz 帯高出力データ通信システム、及び 6GHz 帯小電力データ通信システムに割り当てられている全ての帯域とし、広帯域無線 LAN システムを導入すべき周波数帯は、表 2.3-1 のとおりとすることが望ましい。

出典：Episode 39: Wi-Fi 7 will deliver enhanced performance with Eric McLaughlin of Intel
<https://www.wi-fi.org/signal/episode-39-wi-fi-7-will-deliver-enhanced-performance-with-eric-mclaughlin-of-intel>

表 2.3-1 広帯域無線 LAN システムの対象周波数帯

システム種別	周波数帯の呼称	周波数帯
2.4GHz 帯小電力データ通信システム	2.4GHz 帯	2400～2483.5MHz
5GHz 帯小電力データ通信システム	5.2GHz 帯	5150～5250MHz
	5.3GHz 帯	5250～5350MHz
	5.6GHz 帯	5470～5730MHz
5.2GHz 帯高出力データ通信システム	5.2GHz 帯	5150～5250MHz
6GHz 帯小電力データ通信システム	6GHz 帯	5925～6425MHz

2.3.2 占有周波数帯幅の許容値

IEEE 802.11be では、IEEE 802.11ax のサブキャリア配置を踏襲し、IEEE 802.11ax の 160MHz 幅チャンネルを 2 つ周波数上で連続する 320MHz 幅チャンネルを 6GHz 帯において採用している。従って、6GHz 帯の 320MHz 幅チャンネルのために、占有周波数帯幅の許容値としてチャンネル幅と同一の 320MHz 幅を新たに定義することが望ましい。

一方、与えられた発射の種別について、特定の条件の下において、使用される方式に必要な速度及び質で情報の伝送を確保するために十分な占有周波数帯幅の最小値が必要周波数帯幅であるが、これを越えて発射される不要発射の強度については、320MHz 幅チャンネルに関して別途検討を行う必要がある。その際、IEEE 802.11be で規定される 320MHz 幅チャンネルのスペクトルマスク及び令和 4 年度情報通信審議会一部答申で示された 6GHz 帯の不要発射の強度を参照し、検討を行うことが望ましい。

IEEE 802.11be では、IEEE 802.11ax と同様、OFDMA 伝送がある。OFDMA 伝送は RU を各ユーザに割り当て伝送するものであるが、IEEE 802.11be では複数の RU を 1 ユーザに割り当てられることができる MRU を導入する。

しかし、MRU であってもプリアンプル部は全帯域幅にわたり送信されることが基本となる。また、IEEE 802.11be では Preamble Puncturing を導入するが、これは多数ある 20MHz 幅サブチャンネルのごく一部を間引くものである。

従って、占有周波数帯幅の許容値としては、RU 単位あるいは 20MHz 幅サブチャンネル単位で定義するのではなく、OFDMA が使用する全帯域で定義することが望ましい。

また IEEE 802.11be の Multi-Link を検討する上では、既存規格 (IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax) との共存に鑑み、これまでと同等の条件とすることが望ましい。

ここで、Preamble Puncturing が用いられる場合、puncturing ブロックではデータ伝送に用いない場合でも少なからず電力が放射されるため、同一周波数

帯で運用される既存規格(11a/n/ac/ax)との共用条件に影響を与える可能性があるため、確認する。5GHz帯及び6GHz帯の現行制度において、キャリアセンスを行わない帯域において最大出力となるのは隣接チャンネルである。そこで、図 2.1-7 で示した IEEE 802.11be のスペクトルマスク規定を基に、puncturing ブロックの漏えい電力と現行制度の隣接チャンネル漏えい電力の最大値を比較し、その影響度合いを確認する。5 GHz 帯及び 6GHz 帯における隣接チャンネル漏えい電力の最大値は 20MHz 幅チャンネルに対する隣接チャンネルであり¹⁵、出力電力 200mW の値は $-2\text{dBm}/20\text{MHz}$ ($=23\text{dBm}/20\text{MHz} - 25\text{dB}$)となる。一方、puncturing ブロックの部分の漏えい電力は最大値を取る場合(最悪ケース)は、80MHz 幅チャンネルにおける 20MHz 幅の puncturing ブロックである。図 2.1-7 (b)を基にその漏えい電力を計算すると、相対値で約 -19.7dB であり、絶対値では約 $-2.7\text{dBm}/20\text{MHz}$ となり、先の隣接チャンネル漏えい電力の最大値 $-2\text{dBm}/20\text{MHz}$ を下回るため、既存無線 LAN との共存は可能である。

2.3.3 周波数チャンネル数

平成 18 年度情報通信審議会一部答申において、5.2GHz 帯、5.3GHz 帯、5.6GHz 帯に対して、互いに重複しない 20MHz 幅チャンネルを 19 個、40MHz 幅チャンネルを 9 個示している。

また、平成 24 年度情報通信審議会一部答申においては、次世代高速無線 LAN (IEEE 802.11ac) に向けて、80MHz 幅システム及び 160MHz 幅システムが示された。

さらに、平成 31 年度情報通信審議会一部答申においては、次世代高効率無線 LAN (IEEE 802.11ax) に向けた制度化検討において、5.6GHz 帯のガードバンドに当たる 144ch の 20MHz 幅チャンネルを追加拡張し、結果 5GHz 帯全体で互いに重複しない 20MHz 幅チャンネルが 20 個、40MHz 幅チャンネルが 10 個、80MHz 幅チャンネルが 5 個、160MHz 幅チャンネルが 2 個示された。

6GHz 帯については、令和 4 年度情報通信審議会一部答申において、20MHz 幅チャンネルを 24 個、40MHz 幅チャンネルを 12 個、80MHz 幅チャンネルを 6 個、160MHz 幅チャンネルを 3 個示している。

広帯域無線 LAN システムの所要の周波数チャンネル数についても、従来 IEEE 802.11a/g/n/ac/ax と同様、変調方式は OFDM であり、CSMA 方式を基本として同一周波数の繰り返し利用が可能なシステムであること、同一周波数の時間的棲み分けによるスループット低下や品質劣化を極力回避する必要があることは変

¹⁵ 無線設備規則第四十九条の二十 第三号ル / 第四号ヌ

わらず、さらに高伝送レート及び低遅延・低ジッタの特性を十分に活かせることが求められる。

以上を考慮し、今後の多様な利用ニーズに対応し、また高速性と低遅延・低ジッタのメリットを失わないためにも、国際標準規格や諸外国における割り当て状況と整合を図るとともに、過去の情報通信審議会答申における検討結果を踏まえ、可能な限り多くのチャンネル数を確保することが望ましい。

また、第1節において説明したとおり、6GHz帯においては新たに320MHz幅チャンネルを複数追加することが望ましい。

2.3.4 周波数チャンネル配置

広帯域無線 LAN の周波数チャンネル配置は、IEEE 802.11be に準拠すること、欧米との国際的な整合性を確保すること、普及率の高い既存の IEEE802.11a/b/g/n/ac/ax 方式との互換性を確保することが必要である。これらを考慮し規定された、IEEE 802.11be のチャンネル配置とすることが望ましい。

その上で、IEEE 802.11be としては320MHz幅チャンネルが6GHz帯で定義されており、2.3.1 対象周波数帯で記載のように、6GHz帯としては5925～6425MHzが望ましいことから、それに基づき、対象とする6GHz帯で320MHz幅チャンネルのチャンネル配置は図2.3-1とすることが望ましい。

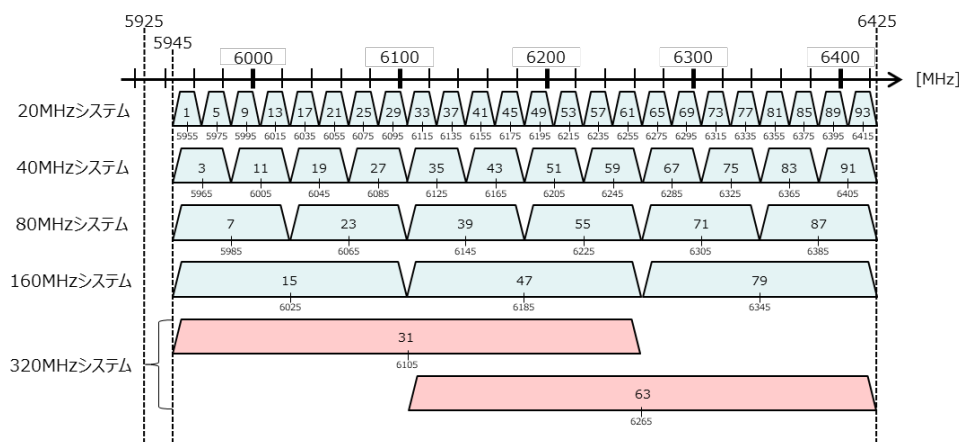


図 2.3-1 新たな320MHz幅チャンネルの配置

なお、160MHz幅チャンネルと320MHz幅チャンネルの間である240MHz幅チャンネルはIEEE 802.11beにおいて規定されておらず、Preamble Puncturingを使用した体として扱う。

また、Preamble Puncturingはチャンネルの周波数端を間引く以外にも80/160/320MHz幅チャンネル内で適用できるものである。しかし、いずれにしても原則として多数の20MHz幅チャンネルのごく一部を間引くため、現行の80MHz

幅及び 160MHz 幅、またそれに加えて 6GHz 帯では 320MHz 幅のチャンネル配置として扱うことが望ましい。

2.3.5 伝送速度

平成 24 年度情報通信審議会一部答申において、IEEE 802.11ac に向けて導入された 5GHz 帯 80/160MHz 幅チャンネルに対して、20/40MHz 幅チャンネルに倣い、伝送速度は 80/160Mbps 以上と規定された。

令和 4 年度情報通信審議会一部答申において、IEEE 802.11ax に向けて導入された 6GHz 帯 20/40/80/160MHz 幅チャンネルに対しても、5GHz 帯に倣い、チャンネル帯域幅ごとの伝送速度は 20/40/80/160Mbps 以上と規定された。従って、IEEE 802.11be の 6GHz 帯 320MHz 幅チャンネルについても 320Mbps 以上と規定することが望ましい。

IEEE 802.11be では、IEEE 802.11ax と同様、20MHz only non-AP STA と呼ばれる 20MHz 幅チャンネルのみの通信を行う低速の伝送モードの端末が定義されている。この端末の最低限サポートしなければならない伝送速度¹⁶は 86.0Mbps¹⁷とされている。これについても、従来規定である 20MHz 幅チャンネルの伝送速度基準である 20Mbps 以上の条件に合致するため、現行基準を維持することが望ましいと考えられる。

2.3.6 空中線電力

現行基準では、20MHz 幅チャンネルにおける最大空中線電力密度は 10mW/MHz と規定され、無線局当たりの送信電力がチャンネル幅によらず一定に保たれるよう、最大空中線電力密度をチャンネル幅に反比例させる形で規定されている。

IEEE 802.11be 導入においても、現行と同様のエリアカバレッジを確保すること、及び共用システムに対して有害な与干渉を与えないことが必要であるこ

¹⁶ 「端末が最低限サポートしなければならない伝送速度」：IEEE802.11 標準では、伝搬環境に応じて変調方式と符号化率の組み合わせである MCS を無線フレーム毎に切り替えることで、通信品質を確保する。MCS 毎に伝送速度は異なり、ここで言う「端末が最低限サポートしなければならない伝送速度」とは、「サポートが必須の MCS で実現される伝送速度のうち最大となるもの」を指す。なお、無線設備規則における伝送速度規定

(5.2GHz/5.3GHz 帯であれば、第 49 条の 20 第 3 号ホ(1)～(4)) は、「常に基準となる伝送速度を実現しなければならない」ということではなく、「基準となる伝送速度以上となる伝送モードを実装していなければならない」という意味である。例えば、伝搬損失が大きな環境の場合においては、伝送速度規定を下回る伝送速度で通信を行うことを許容することを前提としている（平成 11 年電気通信技術審議会答申における技術的条件として、「情報伝送速度の低減（フォールバック）を可能とすること」が明記されている）。

¹⁷ 242-tone RU、シングルストリーム、MCS 7、0.8μs GI の場合
(IEEE P802.11be/D3.0 より)

とから、新規に定義する 6GHz 帯 320MHz 幅も、これまでの 20/40/80/160MHz 幅に倣った規定とすることが望ましい。

2.3.7 送信バースト長、キャリアセンスの有効期間

5GHz 帯における送信バースト長及びキャリアセンスの有効期間（ある時刻におけるキャリアセンスの実施結果を参照できる上限となる期間）については、平成 31 年度情報通信審議会一部答申にて、また 6GHz 帯における送信バースト長及びキャリアセンスの有効期間については、令和 4 年度情報通信審議会一部答申にて、ともに 8ms 以下と規定されている。

平成 31 年度情報通信審議会一部答申において、送信バースト長は、オーバーヘッド削減によるスループット向上、送信ビームフォーミングのトレーニング（送信側で伝搬路情報を取得するための準備）を 1 回で完了させられる、パケット誤りによる再送時のアクセス効率改善といったメリットや従来規格での単一の物理パケットの最大長が 5.484ms であることに鑑み、それまでの 4ms 以下から 8ms に拡張した。また、それに合わせてキャリアセンスの有効期間も拡張した。

さらに、令和 4 年度情報通信審議会一部答申では、上記 5GHz 帯での送信バースト長及びキャリアセンスの有効期間を 6GHz 帯にも踏襲した。

IEEE 802.11be では、第 1 節で記載したように、1024 Aggregation を採用しているが物理パケットの最大長は IEEE 802.11ax と同一の 5.484ms である。また、IEEE 802.11be ではビームフォーミングのためのフレームシーケンスに一部修正が加えられてはいるが、フレームシーケンス長が大幅に長くなるような内容ではない。

加えて、5GHz 帯及び 6GHz 帯における IEEE 802.11a/n/ac/ax の共存は最大送信バースト長 8ms が前提となっていることも考慮すべきである。

従って、既存規格 (IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax) との共存に鑑み、送信バースト長及びキャリアセンスの有効期間はこれまでと同等の条件とすることが望ましい。

2.3.8 変調方式

現行制度は IEEE 802.11ax で導入されたアップリンク OFDMA 伝送において端末側から一部の RU のみを使って伝送することを許容している。

また、IEEE 802.11ax では変調方式として 1024-QAM が追加され、サブキャリア間隔もそれまでの規格のサブキャリア間隔から変更になったが、令和 4 年度情報通信審議会一部答申において、それ以前の技術基準においてサブキャリア変調方式に関する項目は存在せず、また国際的にサブキャリア変調方式につい

て特段の規定がないことから、我が国においても IEEE 802.11ax 導入に向けて変調方式への変更は行われていない。

IEEE 802.11be も IEEE 802.11ax と同様に OFDM であり、かつサブキャリア配置は 160MHz 幅チャンネルまでは IEEE 802.11ax と同一である。新規に 320MHz 幅チャンネルを追加しているが、IEEE 802.11ax の 160MHz 幅チャンネルのサブキャリア配置を繰り返したものであり、次世代高効率無線 LAN (IEEE 802.11ax) に向けた制度化検討を行った平成 31 年度情報通信審議会一部答申及び 6GHz 帯に関する令和 4 年度情報通信審議会一部答申で示された従来の 20/40/80/160MHz 幅チャンネルと同様に扱うことが望ましい。

また、新規で 4096-QAM を追加しているが、IEEE 802.11ax 導入の際の 1024-QAM と同様の扱いとすることが望ましい。

2.3.9 キャリアセンスレベル閾値

5GHz 帯におけるキャリアセンスレベルの閾値は、平成 11 年度、平成 16 年度、平成 18 年度、平成 24 年度及び平成 29 年度情報通信審議会一部答申を経て、20/40/80/160MHz 幅チャンネルのいずれにおいても 20MHz 幅チャンネル当たり 100mW/m の電界強度としている。

また、令和 4 年度情報通信審議会一部答申において 6GHz 帯についても 5GHz 帯と同様のキャリアセンスレベルの閾値とした。

一方、2.4GHz 帯は OFDM を用いた 40MHz 幅チャンネル (IEEE 802.11n/ax が対象となる)のみキャリアセンスの実施義務があるが、具体的な閾値の規定はない。なお、キャリアセンスは、同一帯域内で運用される免許不要局同士の共存を目的とした規定である。

IEEE 802.11be で規定されるキャリアセンスレベルの閾値は、IEEE 802.11ax 以前を踏襲し、周波数帯幅によらず 20MHz 幅当たりの閾値を電力で規定しており、新規に導入される 320MHz 幅チャンネルでも同様である。また、閾値の設定範囲も IEEE 802.11be は、図 2.3-2 で示すとおり IEEE 802.11ax を踏襲 (IEEE 802.11be においても IEEE 802.11ax と同様、隣接セルからのパケットを受信・検出した場合のキャリアセンス閾値に対して、これを動的に制御し空間的な周波数利用効率の改善を実現する Spatial Reuse (SR) 技術が利用できる) しており、現行の技術基準で規定されるキャリアセンスレベルの閾値 (-56dBm/20MHz に相当) を下回る範囲において設定されている。

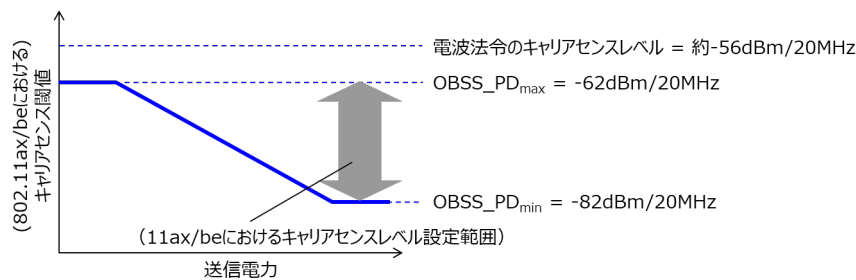


図 2.3-2 IEEE 802.11ax/be におけるキャリアセンスレベルの閾値

また、IEEE 802.11be で新規に導入される MRU、R-TWT 及び EPCS Priority Access は、MAC レイヤにおけるフレームの優先制御やスケジューリングに関する規定であり、既存の物理レイヤのキャリアセンス規定を前提としているものであるため、キャリアセンスレベルの閾値に影響を与えるものではない。

従って、IEEE 802.11be 準拠の無線局であれば現行制度を満足できることから、現行法令化で運用されている既存規格 (IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax) の運用を考慮して、キャリアセンスレベル閾値は変更を行わないことが望ましい。

2.3.10 IEEE 802.11be 技術を想定した場合の運用形態

2.3.1 節から 2.3.9 節に述べた IEEE 802.11be 技術を想定した場合の運用形態について、現在の IEEE 802.11ax までの技術を用いた運用に対して変化が生じる要素については、以下が挙げられる。

- ・ 320MHz 伝送 (6GHz 帯)

2.3.6 節に示されるとおり、従来通り空中線電力/e. i. r. p. を帯域幅によらず一定にすることで、帯域拡大による周波数あたりの送信電力/e. i. r. p. 密度は低下する。IEEE 802.11be で規定される 320MHz システムが被干渉システムへ放射する電力密度は 160MHz システムの電力密度と比較して相対値で 3dB 低下し、320MHz システムが被干渉システムへ放射する電力は 160MHz システムの電力と比較して同一となる。

- ・ 4096-QAM

第 2 章第 1 節に示されるとおり、IEEE 802.11be では従来の IEEE 802.11ax と同等の変調方式 (BPSK/QPSK/16-QAM/64-QAM/256-QAM/1024-QAM) に加えて、新たに 1024-QAM に対して 1.2 倍の伝送速度となる 4096-QAM を規定している。変調方式は受信信号レベル等に応じて適切なものが選択されるが、4096-QAM

を用いる場合を想定すると、1024-QAM に対してデータ伝送部分の送信時間は 0.83 倍となり、送信時間率が低下する効果を生じる。

- ・ Preamble Puncturing の適用

Preamble Puncturing を適用する場合、puncturing を行う帯域は送信信号を低下させるため、puncturing を行わない場合と比べて、空中線電力が低下する。例えば、図 2.1-7 に示されるとおり、80MHz 伝送に対して 20MHz ブロック一つを puncturing する場合においては、空中線電力が 3/4 となる (1.2dB 低下する)。

- ・ Multi-Link

複数リンクを用いるために各リンクにトラフィックが分散されることから、リンクあたりの送信時間率は低下する。例えば、5GHz 帯のリンク及び 6GHz 帯のリンクの二つを用いて Multi-Link 伝送を行う場合、6GHz 帯のリンクにおける送信時間は、5GHz 帯の 160MHz チャンネルのみを用いる場合と比較して半分となる。

- ・ MRU / R-TWT / 1024 Aggregation / EPCS

これらの技術については、アクセス制御を高度化する IEEE 802.11be における技術規定であり、電波の質に影響を及ぼさない。

以上のことから、IEEE 802.11be で規定される個別の技術項目に着目すると、20MHz あたりの与干渉電力を低減させる効果を生じるもの、あるいは与干渉量に影響を及ぼさないものとなる。

第 4 節 他の無線システムとの共用検討

2.4.1 周波数共用検討の前提条件

IEEE 802.11be の導入の対象となるのは、2.4GHz 帯 (2400~2483MHz)、5GHz 帯 (5150~5250MHz、5250~5350MHz 及び 5470~5730MHz) 及び 6GHz 帯 (5925~6425MHz) の周波数である。

これらの周波数帯において、運用されている他の無線システムの共用検討を行う上の前提条件として、現行システムと同様に空中線電力 200mW 以下 (6GHz 帯の VLP については最大 e. i. r. p. 25mW) の小電力データ通信システムによる導入を対象として検討を実施する。

なお、2.3.10 節において確認したとおり、IEEE 802.11be 技術の導入を想定すると、20MHz チャンネルあたりの与干渉電力は既存の IEEE 802.11ax から減少

する要素が複数存在する一方で、増加する要素は存在しない。また、アグリゲート干渉評価におけるパラメータについて確認すると、6GHz 帯対応機器の普及予測 (Market Adaptation Factor) の算出は、特定の方式に特化した検討結果ではなく、各周波数帯域の利用に対するマクロな予測となっており、IEEE 802.11be の導入後においてもこれまでの予測値を用いることが適当と考えられる。

一方で、6GHz 帯の既存システムとの周波数共用において、令和4年度情報通信審議会一部答申では、ECC Report 302 及び 316 同様に帯域幅毎の割合を用いており、制度化されたチャンネル幅である 20MHz、40MHz、80MHz、160MHz で送信される割合がそれぞれ 10%、10%、50%、30%に設定している (表 6.3-1)。これを基に、6GHz 帯で運用される被干渉システムに対して同一帯域で運用される無線 LAN 機器の割合である Overlap Factor ならびに実際の運用を想定した無線 LAN 機器の送信時間割合である RF Activity Factor をそれぞれ設定している。例えば、5925-6425MHz で運用される固定衛星システム (FSS) のうち、最も受信帯域幅の大きい 108MHz の被干渉システムでは、Overlap Factor、RF Activity Factor はそれぞれ 31.67%、2%である。320MHz チャンネルの導入に伴いこれら二つのパラメータ以外は変化しないと考えられるため、干渉量の大小はこれらを乗算した値を調査することで判定することができる。そこで、これらのパラメータが 320MHz チャンネルの導入によりどのような変化するかについて評価を行った。

無線 LAN のチャンネル配置と FSS の帯域との関係を図 2.4-1 に示す。現在の検討における Overlap Factor については、表 2.4-1 に記載のパラメータを基にチャンネル帯域幅ごとに、1 チャンネルあたりの無線 LAN 台数と FSS と重複するチャンネル数を乗算し、期待値として計算することで、ある無線 LAN 機器が FSS の帯域に重複する確率を導出している。

Overlap Factor

$$\begin{aligned} &= \{ 6(\text{チャンネル}) \times 42 (\text{※}20\text{MHz チャンネルあたりの台数}) \\ &\quad + 3(\text{チャンネル}) \times 83 (\text{※}40\text{MHz チャンネルあたりの台数}) \\ &\quad + 2(\text{チャンネル}) \times 833 (\text{※}80\text{MHz チャンネルあたりの台数}) \\ &\quad + 1(\text{チャンネル}) \times 1000 (\text{※}160\text{MHz チャンネル当りの台数}) \} / 10000 (\text{台}) \\ &= 31.67\% \end{aligned}$$

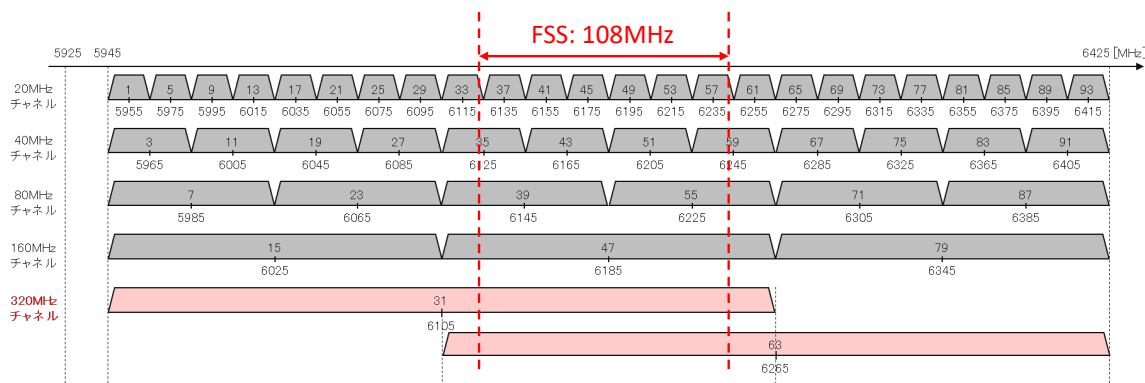


図 2.4-1 無線 LAN のチャンネル配置と FSS の帯域の関係

表 2.4-1 Overlap Factor 計算のためのパラメータ

No. of channels overlapping	WAS/RLAN channels [MHz]	No. of channels	% of WAS/RLAN	No. of WAS/RLAN per bandwidth (10,000 台あたり)	No. of WAS/RLAN per channel
6	20	24	10	1000	42
3	40	12	10	1000	83
2	80	6	50	5000	833
1	160	3	30	3000	1000

また、RF Activity Factor については、ECC Report 302 記載の 2.32%は無線 LAN の最大送信帯域幅が 80MHz チャンネルまでとした場合の値であり、より広帯域なチャンネルが利用可能となった場合には無線 LAN 機器が用いる帯域幅の平均値 (94MHz) に反比例する形となる。すなわち、

$$\begin{aligned} \text{平均帯域幅} &= 20\text{MHz} \times 0.1 + 40\text{MHz} \times 0.1 + 80\text{MHz} \times 0.5 + 160\text{MHz} \times 0.3 \\ &= 94\text{MHz} \end{aligned}$$

$$\text{RF Activity Factor} = 2.32\% \times (80\text{MHz}/94\text{MHz} (\text{平均帯域幅})) \approx 2\%$$

と計算される。

以上から、令和 4 年度情報通信審議会一部答申における Overlap Factor と RF Activity Factor の乗算値は 0.6334%と計算される。

320MHz 導入後の Overlap Fctor および Activity Factor の算出において、現時点では 320MHz チャンネルの具体的な普及予測数値として参照できるデータが存在しないため、20MHz/40MHz/80MHz/160MHz の割合の相対比を維持した上で、320MHz チャンネルの割合を変化させた評価を行う。具体的には、表 4. 2-2 に示される形で 320MHz の割合を計算する。無線 LAN 全体における 320MHz チャンネルが用いられる割合をパラメータ (X[%]) とし、X を 0%~100% の範囲で変化させる。また、320MHz における重複チャンネル数としては、選択可能な二つのチャンネルのどちらを用いても FSS と重複するため、利用可能チャンネル数 (No. of channels) を 1 としている。また、FSS の帯域幅 108MHz に対して 320MHz チャンネルの方が広帯域であるため、重複チャンネル数 (No. of channels overlapping) としては、それぞれの帯域幅の比率である 0. 3375 (=108MHz/320MHz) を用いた。Overlap Factor、平均帯域幅、RF Activity Factor の計算方法はこれまでと同様としている。

$$\begin{aligned} \text{Overlap Factor} = & \{ 6 \times 10 \times (100-X) / 24 \quad (\text{※}20\text{MHz チャンネルあたりの台数}) \\ & + 3 \times 10 \times (100-X) / 12 \quad (\text{※}40\text{MHz チャンネルあたりの台数}) \\ & + 2 \times 50 \times (100-X) / 6 \quad (\text{※}80\text{MHz チャンネルあたりの台数}) \\ & + 1 \times 30 \times (100-X) / 3 \quad (\text{※}160\text{MHz チャンネルあたりの台数}) \\ & + 0. 3375 \times X \times 100 \quad (\text{※}320\text{MHz チャンネルあたりの台数}) \} \\ & / 10000 (\text{台}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均帯域幅} = & 20\text{MHz} \times (0. 1 \times (100-X) / 100) + 40\text{MHz} \times (0. 1 \times (100-X) / 100) \\ & + 80\text{MHz} \times (0. 5 \times (100-X) / 100) + 160\text{MHz} \times (0. 3 \times (100-X) / 100) \\ & + 320\text{MHz} \times (X / 100) \end{aligned}$$

$$\text{RF Activity Factor} = 2. 32\% \times (80\text{MHz} / (\text{平均帯域幅}(\text{上式})))$$

表 2.4-2 320MHz チャンネルを含めた Overlap Factor 計算のためのパラメータ

No. of channels overlapping	WAS/RLAN channels [MHz]	No. of channels	% of WAS/RLAN	No. of WAS/RLAN per bandwidth (10,000 台あたり)	No. of WAS/RLAN per channel
6	20	24	$10 \times (100-X) / 100$	$10 \times (100-X)$	$10 \times (100-X) / 24$
3	40	12	$10 \times (100-X) / 100$	$10 \times (100-X)$	$10 \times (100-X) / 12$
2	80	6	$50 \times (100-X) / 100$	$50 \times (100-X)$	$50 \times (100-X) / 6$
1	160	3	$30 \times (100-X) / 100$	$30 \times (100-X)$	$30 \times (100-X) / 3$
0.3375	320	1	X ($X=0 \sim 100$)	$X \times 100$	$X \times 100$

図 2.4-2 に 320MHz チャンネルを含めた Overlap Factor を示す。320MHz チャンネルの割合の増加に伴い Overlap Factor は増加する。X=100%の場合には 33.75% となり、320MHz チャンネルが存在しない場合 (X=0%) に対して 2.08 ポイント増加する。一方で、図 2.4-3 に示される RF Activity Factor については、320MHz チャンネルの割合の増加に伴い大きく減少する。これは、320MHz チャンネルを用いられることで平均帯域幅が増加することに起因する。X=100%の場合には 0.58 となり、320MHz チャンネルが存在しない場合 (X=0%) に対して 1.42 ポイントの減少となる。これらの効果を総合的に確認するために 320MHz チャンネルの割合に対する干渉量の指標「Overlap Factor と RF Activity Factor の積」の関係を図 2.4-4 に示す。320MHz チャンネルの割合の増加に伴う Overlap Factor の増加割合に対して、RF Activity Factor の減少による影響の方が大きいため、320MHz チャンネルの利用割合が上がれば上がるほど、積の値が低下、すなわち干渉量が減少することが分かる。したがって、320MHz チャンネルの導入後においてもアグリゲート干渉量は増加しないものと考えられる。

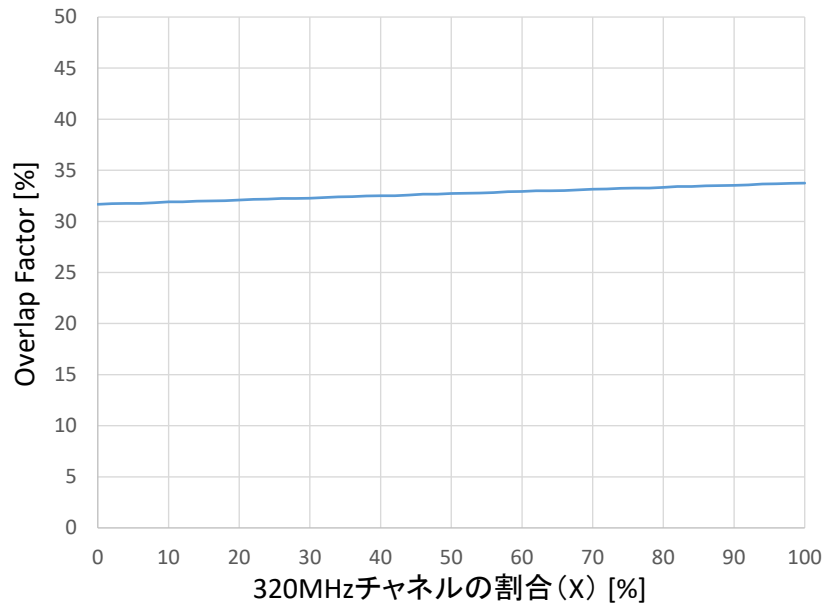


図 4.2-2 Overlap Factor の評価結果

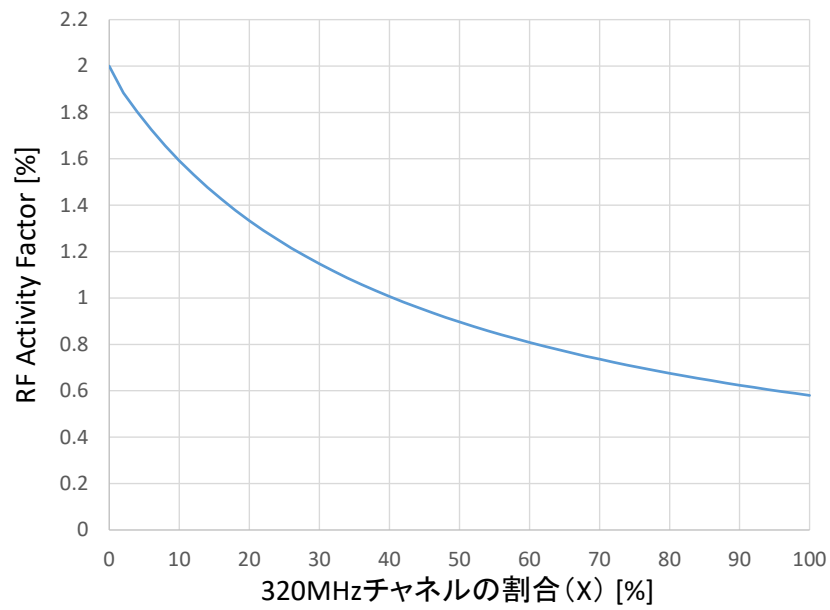


図 4.2-3 RF Activity Factor の評価結果

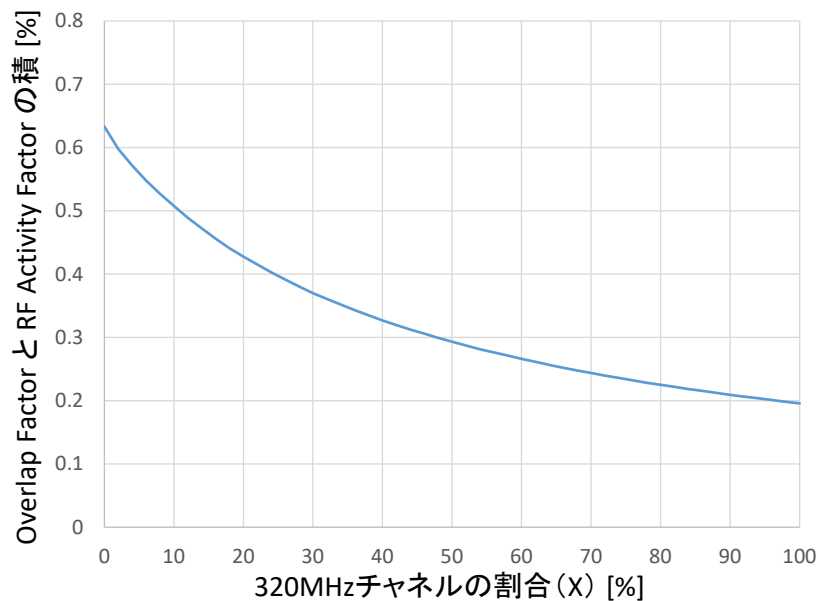


図 4.2-4 Overlap Factor と RF Activity Factor の積の評価結果

以上のことから、IEEE 802.11be 導入において、令和4年度陸上無線通信委員会報告の共用検討に対して与干渉が増加する要素が無いいため、令和4年度情報通信審議会一部答申を踏襲することが妥当と考える。

2.4.2 マルチリンク (Multi-Link) 伝送の導入による影響

前節で示したとおり、IEEE 802.11be では複数の無線インタフェースを活用したマルチリンク伝送が新たに規定される。

マルチリンク伝送では、例えば 2.4GHz 帯、5GHz 帯及び 6GHz 帯の 3つのリンクを単一の無線機で用いる。

マルチリンク伝送の形態として、複数の互いに異なるデータを複数のリンクを用いて並列伝送する場合は伝送速度の向上が実現され、同一のデータを複数のリンクで送信し、受信機側で誤りが検出されなかった最先着データを選択する冗長伝送を行う場合には、無線伝送の信頼性が向上する。

IEEE 802.11be のマルチリンク伝送における各リンクの物理レイヤ・MAC レイヤは既存のシングルリンクの IEEE 802.11 無線 LAN (IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax) を拡張する形で策定されている。

また、Multi-Link の各リンクはアンライセンスバンドであるため、各リンクが独立に既存の無線 LAN と同様にキャリアセンスを行い、他の無線局が利用していない場合においてのみ送信が可能となる。

加えて、IEEE 802.11be では周波数帯域が大きく離れた複数リンク（例えば、2.4GHz 帯及び 5GHz 帯あるいは 2.4GHz 帯及び 6GHz 帯）において、リンク間が非同期に動作する STR モード（IEEE 802.11be の特長である高スループット・低遅延・低ジッタを活用するために主に用いられることが想定される）を必須要件としている。

また、既存規格（IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax）との共存のために、各リンクのキャリアセンス条件・送信バースト長等のパラメータについては、これまでと同等の条件を設定している。

以上の規定を考慮した上で、Multi-Link の導入による共用条件への影響について考察すると、Multi-Link を活用することで無線機は送信すべきトラフィックを複数無線リンクに分散させることができる。

加えて、IEEE 802.11be で新規規定される 320MHz 幅チャネルを用いた伝送や 4096-QAM の活用を考慮すると、伝送速度の高速化により送信バースト長が短縮される。

従って、Multi-Link の導入により、リンク当たりの送信時間は低下すると考えられる。そのため、Multi-Link の導入後においても既存の 5GHz 帯及び 6GHz 帯における同一周波数帯で運用されるシステムとの共用検討におけるモンテカルロシミュレーションにより検討可能であるとの結論が維持されると考えられる。

なお、Multi-Link を用いた無線機の動作は、先述のとおり無線リンク間で非同期であることが前提となる。これは、現行法令で許容されている複数周波数帯域（2.4GHz 帯及び 5GHz 帯）に対応した無線 LAN アクセスポイントと同等であり、この場合においては、無線リンク毎の技術的条件が適用されている。

従って、Multi-Link 導入においてもこれを踏襲し、マルチリンク伝送に対して包括した規定を設けるのではなく、リンク毎の技術的条件の検討・規定を行うことが適当と考えられる。この考え方を前提に、以下に周波数帯毎の共用検討について考察する。

2.4.3 2.4GHz 帯/5GHz 帯システムに対する周波数共用検討

IEEE 802.11be において新規規定される技術群（第 2 章第 1 節 1.～8.）に関する検討結果より、IEEE 802.11be 導入に必要な追加規程のうち、2.4GHz 帯及び 5GHz 帯システムに対して新たに規定されるべき技術的条件は存在しないことを明らかにした。

また、Multi-Link の導入に伴い既存の共用検討に対して条件変更となる要素はないため、平成 31 年度情報通信審議会一部答申¹⁸を踏襲し、既存システム及び周波数共用は可能であると結論付けられる。

2.4.4 6GHz 帯システムに対する周波数共用検討

IEEE 802.11be において新規規定される技術群（第 2 章第 1 節の 1.～8.）に関する検討結果より、IEEE 802.11be 導入に伴い見直しが必要となる技術的条件は、6GHz 帯における 320MHz 幅チャンネルの新規定に付随する以下の項目であることを明らかにした。

- a. 占有周波数帯幅の許容値・中心周波数
- b. 伝送速度
- c. 不要発射の強度の許容値
- d. 空中線電力

このうち、「a. 占有周波数帯幅の許容値・中心周波数の追加」及び「b. 伝送速度規定の追加」に関しては、現行法令に適合する形で 320MHz 幅チャンネルの配置及び伝送速度にかかわる制約条件を定義するものである。

また、「d. 空中線電力」については、2.4.1 項で設定した前提条件、すなわち現行規則と同等(LPI については最大 200mW、VLP については最大 e. i. r. p. 25mW) とすることで、無線リンク当たりの与干渉量は現行法令と同等となり、また、単位周波数当たりの電力密度については現行制度における 160 MHz チャンネルに対して 3dB 低下する。

従って、320MHz 幅チャンネルを用いた伝送によるリンク当たりの与干渉量は、既存の 160MHz 幅チャンネルを用いた伝送と同等あるいはそれ以下となり、令和 4 年度情報通信審議会一部答申における 5925～6425MHz 帯の既存システムに対する LPI 及び VLP の共用検討結果が踏襲され、同一帯域で運用されるシステム（衛星通信システム（アップリンク）及び電気通信業務用固定局）との共用は可能であると考えられる。

一方、「c. 不要発射の強度の許容値」については、IEEE 802.11be における規定が現行制度で定義されるレベルを上回る領域が存在する。

以下において、LPI 及び VLP のそれぞれの場合において考察を行う。

IEEE 802.11be で新規に規定される 320MHz 幅チャンネルのスペクトルマスクについては、以下の二つのフレームフォーマットに対して個別に定義されている。

1. EHT PPDU

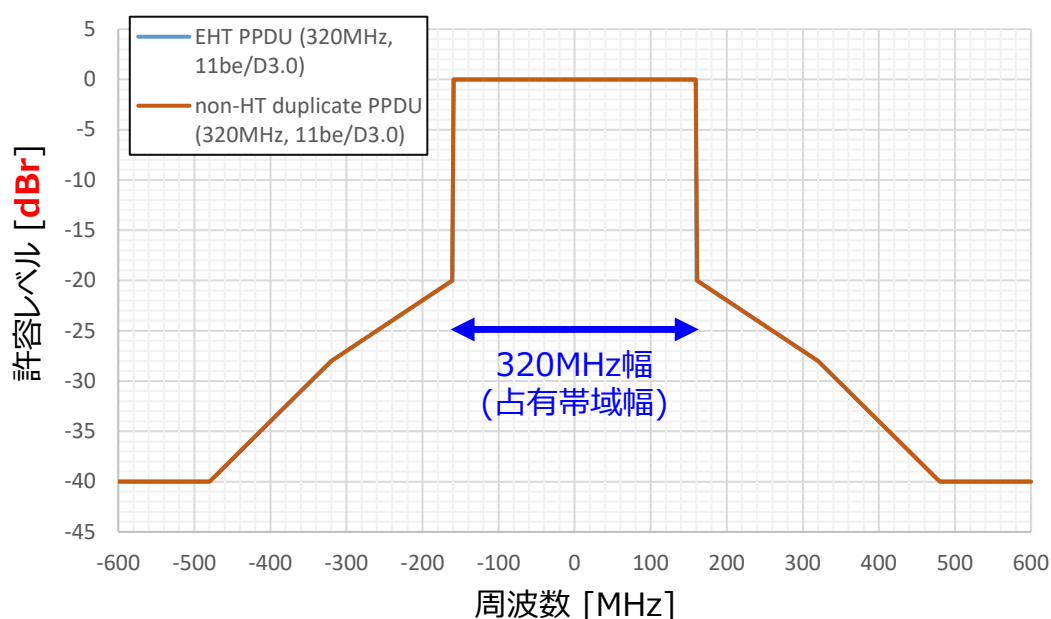
¹⁸ 平成 31 年度情報通信審議会一部答申「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「次世代高効率無線 LAN の導入のための技術的条件」（平成 31 年 4 月 26 日）。

IEEE 802.11be で新規に規定されたフレームフォーマット。EHT: Extremely High Throughput、IEEE 802.11be の名称。PPDU: Physical layer Protocol Data Unit。無線フレーム。電波法令における送信バーストに相当する。

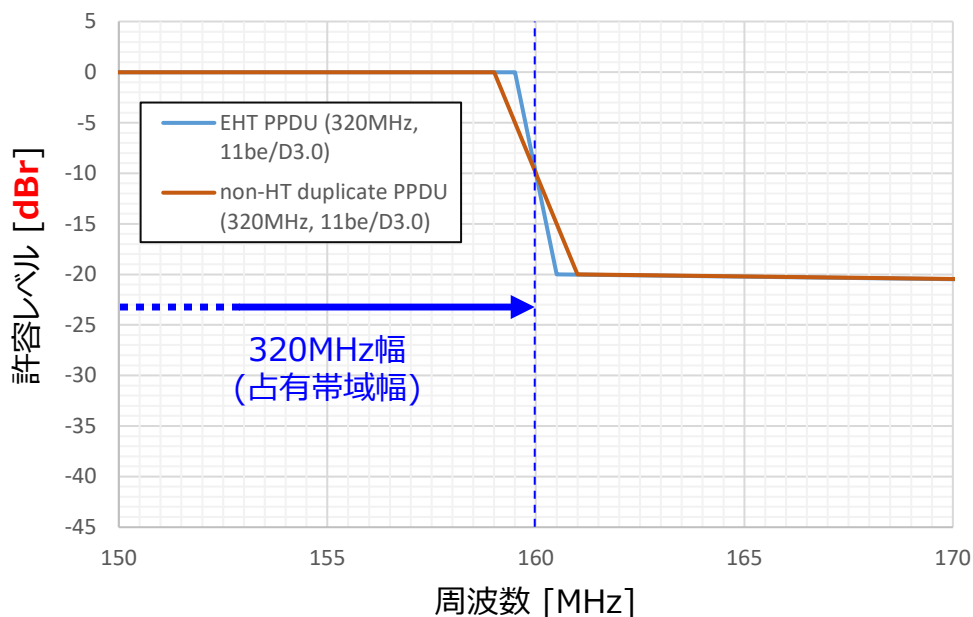
2. non-HT duplicate PPDU

既存の IEEE 802.11ax との共存を確保するための信号フォーマット。5GHz 帯の IEEE 802.11a で定義される 20MHz 幅チャンネルの信号を周波数軸上で連続的に複製し、並列伝送を行う。任意の 20MHz 幅において復調・複合が可能となるため、制御フレームや管理フレームを送信するために用いられる。既存規格である IEEE 802.11n/ac/ax においても同様のコンセプトに基づき、non-HT duplicate PPDU は存在していたが、専用のスペクトルマスクは規定されていなかった。

これら 2 つのスペクトルマスクを比較すると（図 2.4-5/グラフ縦軸: 信号帯域の電力密度を 0dBm とした場合の相対値）、帯域内外の境界領域において non-HT PPDU の方が若干レベルが高いため、以降は non-HT duplicate PPDU のマスクを基準として議論を行う。



(a) IEEE 802.11be における 2 種類の 320MHz 幅チャンネルのスペクトルマスク



(b) 占有帯域内外の境界領域の拡大図

図 2.4-5 IEEE 802.11be の 320MHz 幅チャンネルのスペクトルマスク

令和 4 年度陸上無線通信委員会報告において、6GHz 帯無線 LAN が運用される 5925~6425MHz の外側の領域における不要発射の強度の e. i. r. p. 許容値について、既存システムとの共用を可能とする条件は以下のとおり結論付けられている。

(1) 5925MHz 以下

5.9GHz 帯において放送事業用番組中継システム (FPU) が存在する。これについては既存の無線 LAN、5.6 GHz 帯の小電力データ通信システムが放送 FPU の帯域に適用される現行の帯域外漏えい電力の上限値 12.5 $\mu\text{W}/\text{MHz}$ を適用することにより有害な干渉を及ぼさないものと考えられる。また、現在総務省において「自動運転時代の“次世代の ITS 通信”研究会」¹⁹で検討されている高度 ITS システム (V2X) が 5925MHz 以下の周波数の近傍に割り当てられる場合、6GHz 帯無線 LAN からの影響を考慮し、諸外国の基準 (FCC 85 FR 31390 及び ECC Decision (20)01) に準じて、VLP モードの場合 0.2 $\mu\text{W}/\text{MHz}$ 、LPI モードの場合 2 $\mu\text{W}/\text{MHz}$ とすることが適当である。

¹⁹ 自動運転時代の“次世代の ITS 通信”研究会,
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/Next_Generation_ITS/

(2) 6425MHz 以上

無線 LAN の広帯域チャネルの運用を考慮すると、IEEE 802.11ax で定義されている 6425MHz に隣接するチャネルまで利用できることが望ましく、そのために上記(1)と同様なガードバンドは設定せずに、より厳しい帯域外領域における不要発射の強度の許容値を規定することとした。

具体的には、(1)同様に、5.6GHz 帯の小電力データ通信システムにおける帯域外漏洩電力の上限値と同様に 12.5 μ W/MHz (=−19dBm/MHz) としつつも、6425MHz の近傍は無線設備規則と ARIB 標準の厳しい方の値である 50 μ W/MHz とすることとする。

50 μ W/MHz (=−13dBm/MHz) が適用される範囲は、IEEE 802.11ax のスペクトルマスクで不要発射の強度の許容値が 12.5 μ W/MHz 以上となる無線 LAN チャネル近傍とし、VLP モード及び LPI モードにおいて、それぞれの占有周波数帯幅ごとに規定する。

①LPI の場合

はじめに、LPI モードの不要発射の強度の許容値について考察する。ここまでの議論を踏襲し、LPI モードの最大空中線電力を従来と同様に帯域幅によらず 200mW とすることから、電力密度を 0.625W/MHz とする。

LPI モードにおける 320MHz 幅チャネルのうち、左側となる中心周波数が 6105MHz となる場合のスペクトルマスクと現行制度のスペクトルマスクとの比較を図 2.4-2 に示す。

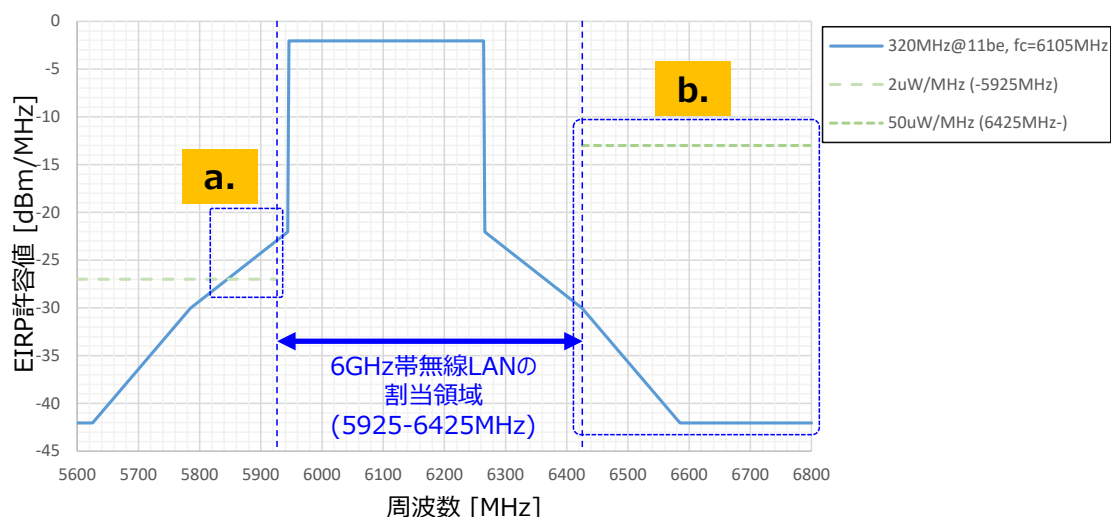
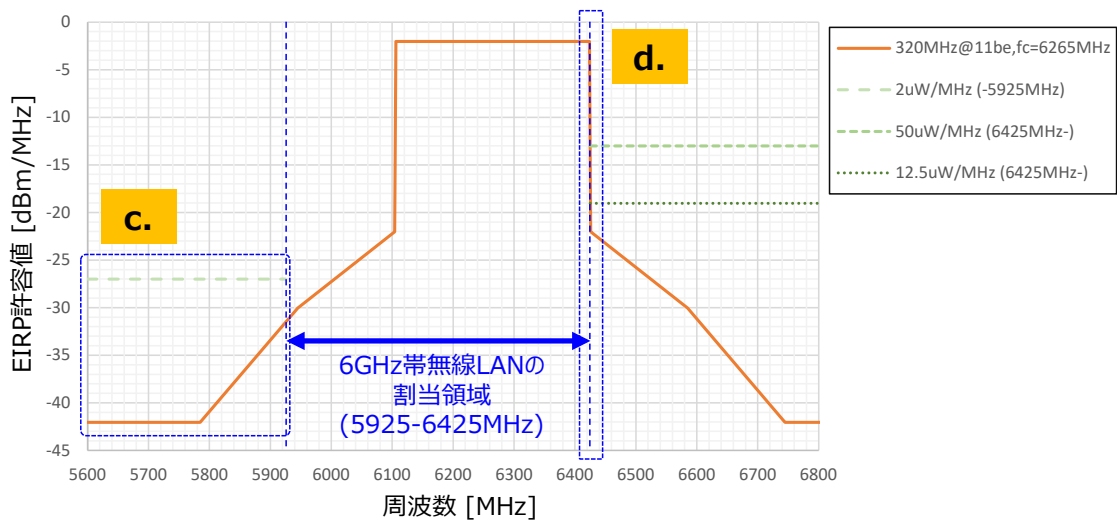


図 2.4-6 IEEE 802.11be の 320MHz 幅チャネルと現行制度のスペクトルマスクの比較 (LPI/左側 320MHz 幅チャネル (fc=6105MHz) の場合)

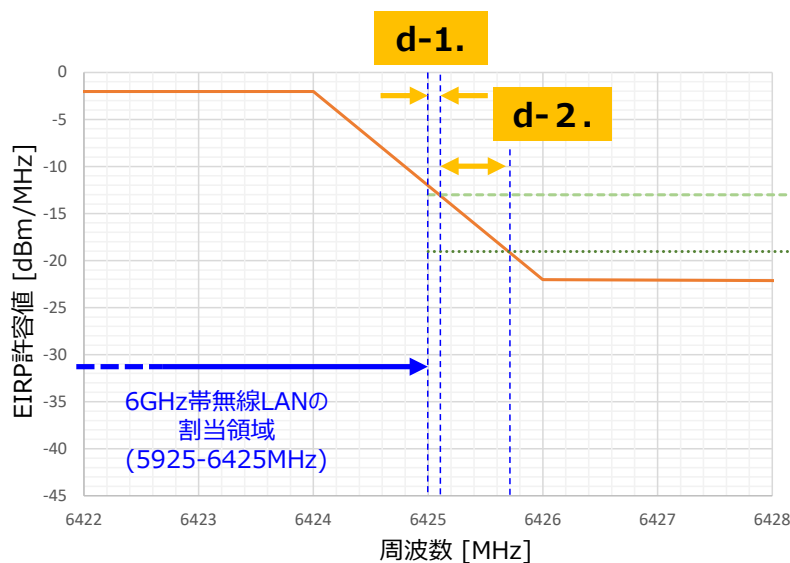
図 2.4-6 で示す左側の領域 (a.) については、5845.6~5925MHz の領域において現行制度 ($2\mu\text{W}/\text{MHz}=-27\text{dBm}/\text{MHz}$) を超過する領域が存在するが、令和 4 年度陸上無線通信委員会報告における 6425MHz を超える周波数に隣接するシステムとの共用検討での考え方を踏襲し、従来の共用条件を満足するために IEEE 802.11be で規定されているスペクトルマスクより厳しい一律 $2\mu\text{W}/\text{MHz}$ と規定することが適当であると考えられる。

また、図 2.4-6 で示す右側の領域 (b.) については、5.6GHz 帯の小電力データ通信システムにおける帯域外漏えい電力の上限値である $12.5\mu\text{W}/\text{MHz}$ に対して十分なマージンを持つため、一律で $12.5\mu\text{W}/\text{MHz}$ と規定することが適当であると考えられる。

LPI モードの 320MHz 幅チャンネルの右側の配置となる中心周波数が 6265MHz となる場合のスペクトルマスクと現行制度のスペクトルマスクとの比較を図 2.4-7 に示す。



(a) スペクトルマスクの全体図



(b) スペクトルマスクの右側の帯域外領域の境界 (6425MHz) 付近の拡大図
 図 2.4-7 IEEE 802.11be の 320MHz 幅チャンネルと現行制度のスペクトルマスクを比較
 (LPI/右側 320MHz 幅チャンネル (fc=6265MHz) の場合)

図 2.4-7 で示す左側の領域 (c.) については、現行制度 ($2\mu\text{W}/\text{MHz} = -27\text{dBm}/\text{MHz}$) に対して十分なマージンを確保していることが確認できるため、一律 $2\mu\text{W}/\text{MHz}$ と規定することが適当であると考えられる。

また、図 2.4-7 で示す右側の領域のうち d-1. 及び d-2. については、それぞれ現行制度の許容値の最大値 ($50\mu\text{W}/\text{MHz}$) 及び 5.6GHz 帯の小電力データ通信システムにおける帯域外漏洩電力の上限値である $12.5\mu\text{W}/\text{MHz}$ を超過している。

これらについては、現行制度に対する共用条件の考え方を踏襲し、 $50\mu\text{W}/\text{MHz}$ を超過する領域 (6425~6425.7MHz) については $50\mu\text{W}/\text{MHz}$ 、その外側の領域 (6425.7MHz 以上) については、 $12.5\mu\text{W}/\text{MHz}$ と規定することが適当であると考えられる。

②VLP の場合

次に、VLP モードについて考察する。ここまでの議論を踏襲し、VPI モードの最大 e. i. r. p. を従来と同様に帯域幅によらず 25mW とすることから、320MHz 幅チャンネルにおける電力密度を $0.078125\text{W}/\text{MHz}$ とする。

VPI モードにおける 320MHz 幅チャンネルのうち、左側となる中心周波数が 6105MHz となる場合のスペクトルマスクと現行制度のスペクトルマスクとの比較を図 2.4-4 に示す。

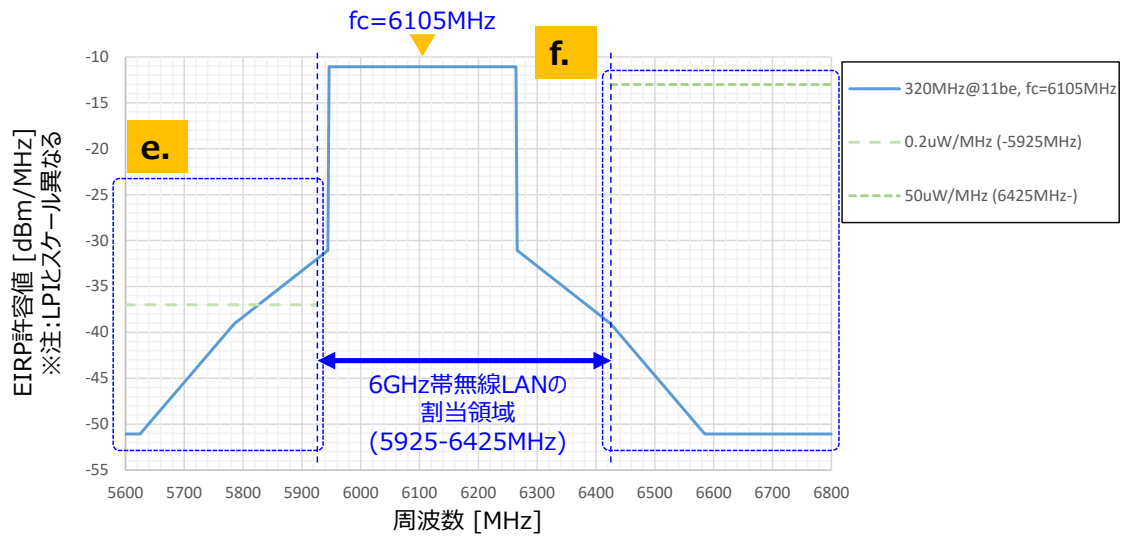
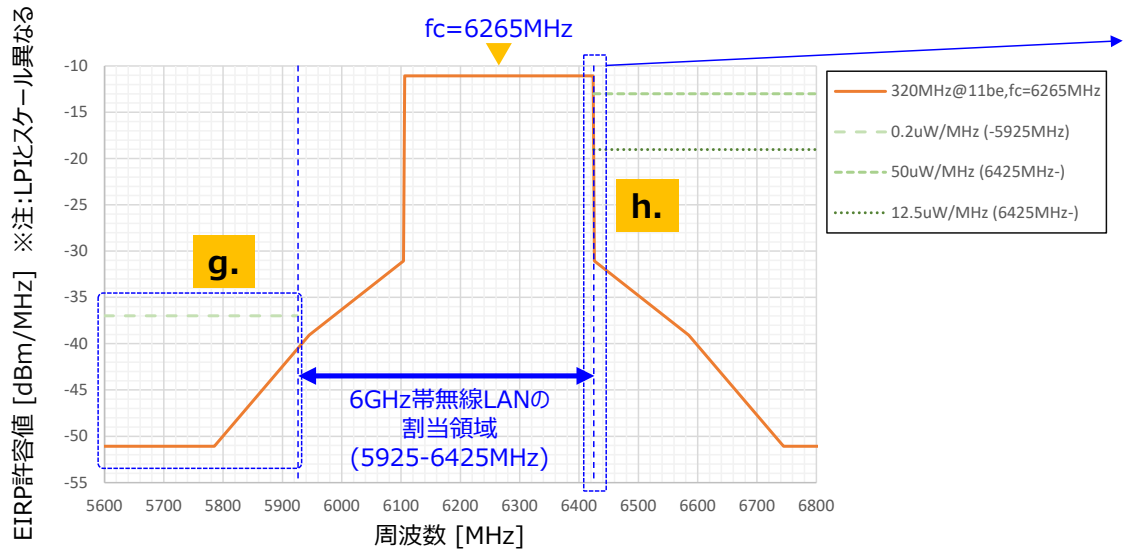


図 2.4-8 IEEE 802.11be の 320MHz 幅チャンネルと現行制度のスペクトルマスクの比較
(VLP/左側 320MHz 幅チャンネル (fc=6105MHz) の場合)

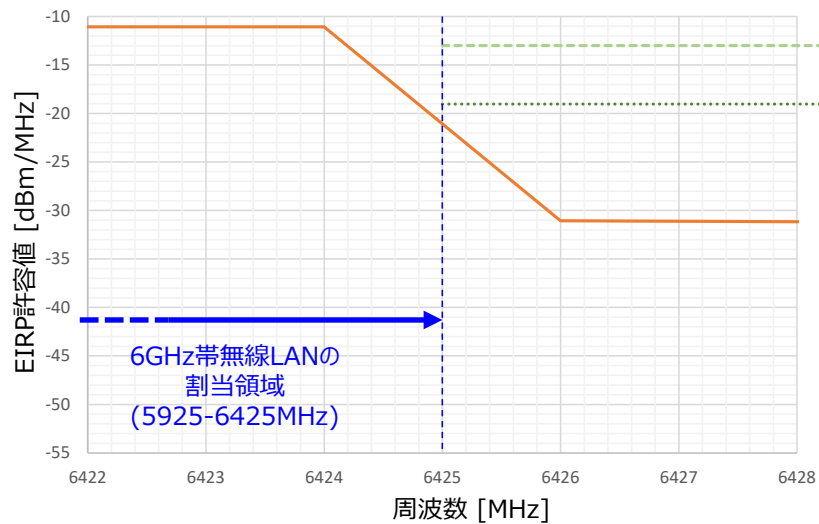
図 2.4-8 で示す左側の領域 (e.) については、5825.5~5925MHz の領域において現行制度 (0.2 μ W/MHz=-37dBm/MHz) を超過する領域が存在するが、令和 4 年度陸上無線通信委員会報告の考え方を踏襲し、従来の共用条件を満足するために IEEE 802.11be で規定されているスペクトルマスクより厳しい一律 0.2 μ W/MHz と規定することが適当であると考えられる。

また、図 2.4-8 で示す右側の領域 (f.) については、5.6GHz 帯の小電力データ通信システムにおける帯域外漏えい電力の上限値である 12.5 μ W/MHz に対して十分なマージンを持つため、一律で 12.5 μ W/MHz と規定することが適当であると考えられる。

VLP モードの 320MHz 幅チャンネルの右側の配置となる中心周波数が 6265MHz となる場合のスペクトルマスクと現行制度のスペクトルマスクとの比較を図 2.4-9 に示す。



(a) スペクトルマスクの全体図



(b) スペクトルマスクの右側の帯域外領域の境界 (6425MHz) 付近の拡大図

図 2.4-9 IEEE 802.11be の 320MHz 幅チャンネルと現行制度のスペクトルマスクを比較 (VLP/右側 320MHz 幅チャンネル (fc=6265MHz) の場合)

図 2.4-9 で示す左側の領域 (g.) については、全領域において現行制度 (0.2 μ W/MHz=-37dBm/MHz) を満足するため、これを踏襲し 0.2 μ W/MHz と規定することが適当と考えられる。

また、図 2.4-9 で示す右側の領域 (h.) については、5.6GHz 帯の小電力データ通信システムにおける不要発射の強度の許容値の上限値である 12.5 μ W/MHz に対して十分なマージンを持つため、一律で 12.5 μ W/MHz と規定することが適当であると考えられる。

以上の形で、不要発射の強度の許容値を規定することで、令和4年度情報通信審議会一部答申と同等以下の与干渉条件となるため、帯域外システムに対して共用条件を満足するものと考えられる。

2.4.5 同一周波数帯で運用される小電力データ通信システム間の共用 (2.4GHz 帯)

平成31年度情報通信審議会一部答申において、同一周波数帯で運用される小電力データ通信システム間の共用手段として、2.4GHz 帯については40MHz幅チャネルを利用する場合にキャリアセンスを義務付けることで共用可能と結論付けられている。

IEEE 802.11be の導入において、2.4GHz 帯に対して技術的条件に変更を加えない限りにおいては、平成31年度情報通信審議会一部答申の結論が踏襲されるため、共用可能であると考えられる。

2.4.6 同一周波数帯で運用される小電力データ通信システム間の共用 (5GHz 帯)

平成31年度情報通信審議会一部答申において、同一周波数帯で運用される小電力データ通信システム間の共用手段として、5GHz 帯については送信する帯域に対して100mV/m以上の電界強度を検出した際に送信を行わないキャリアセンス機能を義務付けるとともに最大バースト長を8ms以下に制限することで共用可能と結論付けられている。

第2章第1節に示されたPreamble Puncturing機能を用いた場合については、IEEE 802.11be規格に基づき第2章第3節2.3.2項において考察を行ったとおり、標準規格のスペクトルマスクを用いる範囲においては、puncturingブロック部分の漏えい電力は現行制度における隣接チャネル漏えい電力を下回ることから既存の小電力データ通信システム(IEEE 802.11a/n/ac/ax ベース)及びIEEE 802.11be 同士の共用は可能であると考えられる。

以上により、IEEE 802.11be の導入において、5GHz 帯に対して技術的条件に変更を加えない限りにおいては、平成31年度情報通信審議会一部答申の結論が踏襲されるため、共用可能であると考えられる。

2.4.7 同一周波数帯で運用される小電力データ通信システム間の共用 (6GHz 帯)

令和4年度情報通信審議会一部答申において、6GHz 帯における小電力データ通信システム同士の共用手段として、5GHz 帯の制度を踏襲して、送信を行

う帯域に対して事前にキャリアセンスを行い 100mV/m 以上の電界強度を検出した際には送信を行わない機能を義務付けるとともに、最大送信バースト長を 8 ms 以下に制限している。

IEEE 802.11be においては、新たに 320MHz 幅チャネルの利用を規定する必要があるが、320MHz 幅チャネルも既存の 20/40/80/160MHz 幅チャネルの運用における共存条件として義務付けられているキャリアセンスの義務化・バースト長の制限について、同様に義務付けることで、異なる帯域幅を持つシステムが同一周波数帯で運用される場合であっても無線チャネルの利用を確保する機会の公平性が実現され、共用可能であると考えられる。

また、6GHz 帯についても Preamble Puncturing が用いられるが、2.4.6 項において論じた 5GHz 帯における小電力データ通信システム間の共用に対する考え方が同様に成立するため、共用可能であると考えられる。

第 5 節 技術的条件の検討

2.5.1 2.4GHz 帯の技術的条件

2.4.3 において確認を行ったとおり、IEEE 802.11be の導入において 2.4GHz 帯の技術的条件に対して特段の追加・変更を行う必要はないものと考えられる。

2.5.2 5GHz 帯の技術的条件

2.4.3 において確認を行ったとおり、IEEE 802.11be の導入において 5GHz 帯の技術的条件に対して特段の追加・変更を行う必要はないものと考えられる。

2.5.3 6GHz 帯の技術的条件

2.5.3.1 一般的条件

(1) 無線周波数帯

IEEE 802.11be 無線 LAN システムの導入に際しては、IEEE において標準化が行われている技術方式を前提として、既にわが国でも無線 LAN に割り当てられている 5925~6425MHz とすることが適当である。

(2) 中心周波数・占有周波数帯幅

320MHz 幅チャネルに対する配置は、以下のとおりとすることが適当である。

表 2.5-1 6GHz 帯無線 LAN システムの 320MHz 幅チャンネルの配置

占有周波数帯幅	中心周波数	チャンネル数
160MHz を超え 320MHz 以下の 場合	6105MHz 、 6265MHz	2(互いに 160MHz だけ重複)

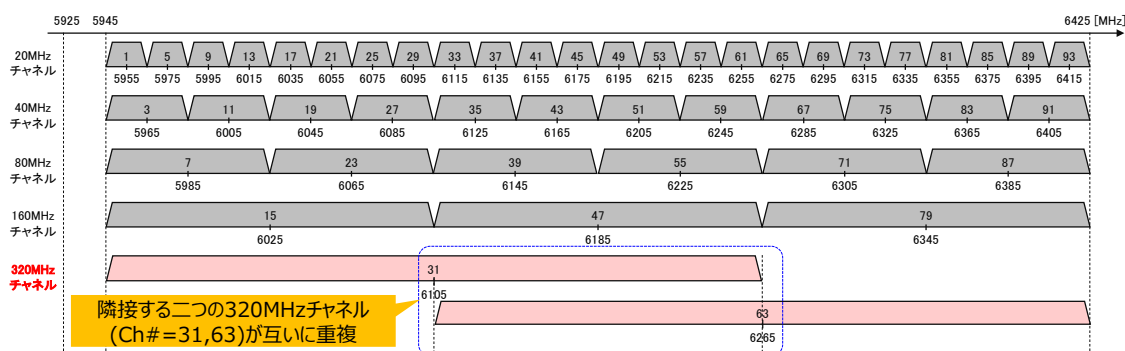


図 2.5-1 6GHz 帯無線 LAN システムの 320MHz 幅チャンネルの配置

(3) 周波数チャンネル使用順位等

既存の 20/40/80/160MHz 幅と同様とすることが適当である。すなわち、320M 幅チャンネルについても、LPI モードにおける周波数チャン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り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。

一方で、VLP モードにおける周波数の使用順位については、無線 LAN 端末が 5.9GHz 帯 ITS システムを搭載した車両内で使用される可能性があることを考慮し、中心周波数 6265MHz のチャンネルの使用を中心周波数 6105MHz に対して優先することが望ましい。

(4) 周波数の使用条件

320MHz 幅チャンネルに対して、アクセスポイントが設置される条件下において、第 4 節に示される電気通信用マイクロ回線、衛星通信システムとの周波数共用条件に従い、LPI モードにおける最大等価等方輻射電力は 200mW 以下、VLP モードでは 25mW 以下とすることが適当である。

また、320MHz 幅チャンネルの LPI/VLP モードそれぞれに課される運用諸条件については、令和 4 年度情報通信審議会一部答申における技術的条件である現行制度における 20/40/80/160MHz 幅チャンネルの運用と同等とすることが適当である。

(5) 伝送速度（周波数利用効率）

320MHz 幅チャンネル利用時の伝送速度は、表 2.5-2 のとおりとすることが適当である。

表 2.5-2 6GHz 帯無線 LAN システムの 320MHz 幅チャンネルの伝送速度

占有帯域幅	伝送速度
160MHz を超え 320MHz 以下	320Mbps 以上

(6) 通信方式

320MHz 幅チャンネルについての通信方式は、現行と同じく、単向通信方式、単信方式、同報通信方式、半複信方式又は複信方式とすることが適当である。

(7) 接続方式

320MHz 幅チャンネルについての接続方式は、現行と同じく、20MHz 幅チャンネルを基本とする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。

(8) 変調方式

320MHz 幅チャンネルについての変調方式は、直交分割多重（OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing）方式とすることが適当である。なお、1 MHz の帯域幅当たりの搬送波の数が 1 以上であることとする。

(9) 監視制御機能システム設計上の条件

320MHz 幅チャンネルに対する監視制御機能システム設計上の条件は、以下のとおり現行の技術的条件と同じとすることが適当である。

- ・ 誤り訂正機能は義務付けない。
- ・ 監視制御機能のための補助信号は無線種信号に内挿する。
- ・ システム設計上の条件として、違法使用防止対策のために送信装置の主要な部分は容易に開けることができない構造とする。
- ・ 同一システム間の共用方策として、既存の 6GHz 帯の小電力データ通信システム間の共用策と同様とする。

(10) 隣接チャネル漏えい電力

6GHz 帯における 320MHz 幅チャネルの隣接チャネル漏えい電力は、チャネル幅の一部が帯域 (5925~6425MHz) の外側に位置することから、規定しないことが適当である。

2.5.3.2 無線設備の技術的条件

320MHz 幅チャネルの規定に対する技術的条件は、以下とすることが適当である。なお、20/40/80/160MHz チャネルに対して個別に規定されている技術的条件については、現行規則を維持することが適当である。

(1) 送信装置

ア 周波数の許容偏差

320MHz 幅チャネルについての周波数の許容偏差は、±20ppm 以下とすることが適当である。

イ 占有周波数帯幅の許容偏差

320MHz 幅チャネルの占有周波数帯幅の許容値は、表 2.5-3 のとおりとすることが適当である。

表 2.5-3 6GHz 帯無線 LAN の 320MHz 幅チャネルの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
160MHz を超え 320MHz 以下	320MHz

ウ 空中線電力

320MHz 幅チャネルの空中線電力は、表 2.5-4 のとおりとすることが適当である。

表 2.5-4 6GHz 帯無線 LAN の 320MHz 幅チャネルの空中線電力

占有周波数帯幅	空中線電力 (LPI モード)	空中線電力 (VLP モード)
160MHz を超え 320MHz 以下	0.625mW/MHz 以下	0.078125mW/MHz 以下

なお、空中線利得が 0dBi を下回る場合においては、e.i.r.p. が下記オ 等価等方輻射電力の項で表記する最大等価等方輻射電力以下となる範囲で空中線電力をもって補うことができる。その最大値は、令和 4 年

度情報通信審議会一部答申を踏襲して 200mW とし、表 2.5-5 のとおりとすることが適当である。

表 2.5-5 6GHz 帯無線 LAN の空中線利得による等価等方輻射電力の低下を
空中線電力で補う場合の 320MHz 幅チャンネルの空中線電力の上限

占有周波数帯幅	空中線電力 (LPI モード)	空中線電力 (VLP モード)
160MHz を超え 320MHz 以下	0.625mW/MHz 以下	0.625mW/MHz 以下

エ 空中線電力の許容偏差

320MHz 幅チャンネルについての空中線電力の許容偏差は、上限+20%。
下限-80%とすることが適当である。

オ 等価等方輻射電力

320MHz 幅チャンネルについての等価等方輻射電力は、表 2.5-6 のとお
りとすることが適当である。

表 2.5-6 6GHz 帯無線 LAN の 320MHz 幅チャンネルの等価等方輻射電力

占有周波数帯幅	等価等方輻射電力 (LPI モード)	等価等方輻射電力 (VLP モード)
160MHz を超え 320MHz 以下	0.625mW/MHz 以下	0.078125mW/MHz 以下

カ 送信空中線利得

320MHz 幅チャンネルについての送信空中線利得は、規定しないこと
が適当である。e. i. r. p. が最大空中線電力以下の場合、その低下分
を空中線利得で補うことができるものとする。また、空中線利得が 0
dBi を下回る場合においては、最大 e. i. r. p. 以下となる範囲で空中線
電力をもって補うことができるものとし、その最大 e. i. r. p. は LPI
モードの場合は 200mW、VLP モードの場合は 25mW とする。

キ 隣接チャンネル漏えい電力等

320MHz 幅チャンネルについての隣接チャンネル漏えい電力は、規定しな
いことが適当である。

ク 周波数チャンネル当たりのスペクトラム特性

320MHz 幅チャンネルについての周波数チャンネル当たりのスペクトラム特性は、無線 LAN の帯域内では隣接チャンネル漏えい電力で規定されているため、規定しないことが適当である。

ケ 不要発射の強度の許容値

① 帯域外領域

320MHz 幅チャンネルについての帯域外領域は、表 2.5-7 のとおりとすることが適当である。

表 2.5-7 6GHz 帯無線 LAN システムの 320MHz 幅チャンネルの帯域外領域

占有周波数帯幅	帯域外領域
160MHz を超え 320MHz 以下	5925MHz 以下及び 6425MHz 超

② 不要発射の強度の許容値

320MHz 幅チャンネルについての帯域外領域における不要発射の強度の許容値は、表 2.5-8 のとおりとすることが適当である。

表 2.5-8 6GHz 帯無線 LAN システムの 320MHz 幅チャンネルの
不要発射の強度の許容値

(LPI モード)

占有周波数帯幅	基準チャンネル	周波数帯	不要発射の強度の許容値 (任意の 1MHz の帯域幅における等価 等方輻射電力)	基準チャンネルからの差の周波数
160MHz を 超え 320MHz 以下	6105MHz	5925MHz 以下	2 μ W/MHz 以下	180MHz 以上
	6265MHz	6425MHz 以上 6425.7MHz 未満	50 μ W/MHz 以下	160MHz 以上 160.7MHz 未満
		6425.7MHz 以上	12.5 μ W/MHz 以下	160.7MHz 以上

(VLP モード)

占有周波数帯幅	基準チャンネル	周波数帯	不要発射の強度の許容値 (任意の 1MHz の帯域幅における等価 等方輻射電力)	基準チャンネルからの差の周波数
160MHz を 超え 320MHz 以下	6105MHz	5925MHz 以下	2 μ W/MHz 以下	180MHz 以上
	6265MHz	6425MHz 以上	12.5 μ W/MHz 以下	160MHz 以上

コ 帯域外漏えい電力

320MHz 幅チャンネルについての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、規定しないことが適当である。

(2) 受信装置

ア 副次的に発射する電波等の限度

320MHz 幅チャンネルについての副次的に発射する電波の強度は、これまでの技術的条件を踏襲し、160MHz 幅以下のチャンネルと同様に 1 GHz 未満の周波数において 4 nW 以下、1 GHz 以上の周波数において 20nW 以下とすることが適当である。

イ 受信感度

320MHz 幅チャンネルについての受信感度は、これまでの技術的条件を踏襲し、160MHz 幅以下のチャンネルと同様に特段規定しないことが適当である。

ウ 受信空中線特性

320MHz 幅チャンネルについての受信空中線特性は、これまでの技術的条件を踏襲し、160MHz 幅以下のチャンネルと同様に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。

(3) 電気通信回線設備との接続

320MHz 幅チャンネルについての電気通信回線設備との接続は、これまでの技術的条件を踏襲し、160MHz 幅以下のチャンネル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 8 ms 以下とすること、キャリアセンスを行うこと等）に適合することが適当である。

(4) 混信防止機能等

混信防止機能等は、以下のとおりとすることが適当である。

- ① 320MHz 幅チャンネルについての混信防止機能は、これまでの技術的条件を踏襲し、160MHz 幅以下のチャンネルと同様に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。

- ② 320MHz 幅チャンネルについての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、これまでの技術的条件を踏襲し、160MHz 幅以下のチャンネルと同様に送信バースト長は 8ms 以下とすること。
- ③ 320MHz 幅チャンネルについての無線設備は、これまでの技術的条件を踏襲し、160MHz 幅以下のチャンネルと同様に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。
- ④ 320MHz 幅チャンネルについてのキャリアセンスは、これまでの技術的条件を踏襲し、160MHz 幅以下のチャンネルと同様に、受信空中線の最大利得方向における電界強度が 100 mV/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。

(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 4（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。送信点から距離 d 離れた地点における電力束密度は、

$$S = \frac{P}{4\pi d^2}$$

であるから、距離 d は、以下の式から求められる。

$$d = \sqrt{\frac{P}{4\pi S}}$$

S: 電力束密度 [W/m²]

P: 等価等方輻射電力 (e. i. r. p.) [W]

d: 送信点との距離 [m]

電波法施行規則に記載されている電波防護指針の規格値は表 2.5-9 のとおりである。

表 2.5-9 電波防護指針（電波法施行規則別表第二号の三の三の抜粋）

周波数	電界強度の 実効値 E	磁界強度の 実効値 H	電力束密度 S
1.5GHz を超え 300GHz 以下	61.4 V/m	0.163 A/m	1 mW/cm ²

電波防護指針について考察を行うにあたり、過去の答申を参照することが適当である。

平成 29 年度陸上無線通信委員会報告においては、最大 e. i. r. p. が 1W の場合でも問題ないという結果が得られている。IEEE 802.11be で規定されるマルチリンク伝送では、複数のリンクを構成する送信機群全体での総送信電力に対して、電波防護指針に対する適合性を検討する必要があると考えられる。

マルチリンク伝送では、第 2 章第 1 節において述べたとおり、各リンクは非同期に送受信を行うため、あるリンクが送信を行っている際に別のリンクが受信を行うことを前提となり、リンク間の干渉を回避することが必要となる。したがって、リンク間の離隔周波数を十分に確保するとともに、異なるリンクの信号（帯域外干渉）を RF フィルタ等により十分に抑圧する必要がある。

これらを考慮すると、現実的な実装における利用可能となる最大のリンク数は 2.4GHz 帯、5.2GHz 帯及び 5.3GHz 帯（160MHz 幅チャネルを用いる場合は二つの帯域を一体として利用する）、5.6GHz 帯、6GHz 帯の 4 つの周波数帯域を同時に用いる場合（4 リンク）となる。

IEEE 802.11be を想定した場合の各リンクの最大 e. i. r. p. は以下のとおりである。

- ・ 2.4GHz 帯 : 327.4mW（最大空中線電力 200mW+アンテナ利得 2.14dBi）
- ・ 5.2GHz 及び 5.3GHz : 200mW（屋内利用の場合）、（登録局利用の場合は 1W（最大空中線電力 200mW+アンテナ利得 7dBi））
- ・ 5.6GHz : 1W（最大空中線電力 200mW+アンテナ利得 7dBi）
- ・ 6GHz 帯 : 200mW（LPI モードの場合。VLP モードの場合は 25mW）

これらの規定を基に、免許不要での利用において 4 リンクすべてが最大 e. i. r. p. を用いる場合を想定すると、マルチリンク伝送を行う無線機の合計の e. i. r. p. は 1727.4mW となり、表 2.5-8 の条件を満たす無線 LAN と人体の距離 d は 11.7cm となる。

本条件が必要となるユースケースとしては、固定設置された Multi-Link 対応無線 LAN 機器同士が対向で通信を行う場合が考えられる（一例として大規模工場などの屋内における無線バックホールのような利用形態が挙げられ

る。)。そのような利用ケースにおいて、人体が連続して 15cm 以内の距離に近接することは想定されない。さらに、本計算は送信時間率 100%を前提とした計算結果であるが、実際の無線 LAN の運用において実現不可能である。

以上の理由から、電波防護指針への適合のために、新たに技術的条件を定める必要はないと考えられる。

2.5.3.3 測定法

6GHz 帯に 320MHz 幅チャンネルを追加するため、中心周波数、占有周波数帯幅の許容値、隣接チャンネル漏えい電力及び不要発射の強度の許容値の新たな技術的条件を設けられることになる。これらの技術的条件については、令和 4 年度情報通信審議会一部答申で示した 6GHz 帯無線 LAN に対する測定法と同等の手法を用いることで、測定可能であると考えられる。

第3章 「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち「LPI 子局間通信」について

第1節 概要

令和4年度に無線 LAN 向けに開放された 6GHz 帯 (5925~6425 MHz) では、屋内限定の運用を前提とした LPI モードが制度化されている。LPI モードでは、屋内におけるノート PC やスマートフォンといった機器での使用のほか、TV モニター、ゲームコントローラー、AR/VR デバイス、スマートスピーカー及びスマートホームに設置される様々なセンサー等の機器での利用が想定されている。

LPI モードの親局は、屋内限定運用を担保するために、バッテリー駆動しない、全天候に対応しない等の技術的条件が定められており、子局は、親局からの送信電力を含めた制御のもとで運用することが求められている。

現行の制度において LPI 子局と LPI 子局同士が通信する場合は、親局となるアクセスポイントを経由して通信がされている。子局間通信 (本章では、Soft AP²⁰ や、Wi-Fi Direct²¹、Wi-Fi Aware²²などを用いて端末同士の無線通信のみにより構築されるネットワークを利用した通信を無線 LAN における子局間通信と定義する。) の場合、子局間の距離が近いことから、低い送信電力で通信が可能であり、また、アクセスポイントを介して通信する場合に比べ、通信に必要なリンクが半分になる分、周波数の有効利用、低遅延が実現可能となることから、テレビモニターへのミラーリングなど屋内の環境で端末のみで構成された子局間の通信が適切であるユースケースが存在する。

VLP については、アクセスポイントと同等の制御が行われることを前提とした端末同士の無線通信のみにより構築されるネットワークの利用も想定されており、VLP の技術的条件を備えた機器であれば、端末間通信が既の実現できている一方、現行の制度では LPI モードの子局と子局の間の通信は認められていない。そのため、周波数有効利用の観点からも LPI の環境下において子局間通信のサポートが求められている。

²⁰ PC 等の端末を WLAN アクセスポイントとして動作させられる機能。

²¹ WLAN ネットワークがない場所であっても、端末同士を接続する機能。近接する他のデバイスに接続が可能であることを知らせる信号を発信し、接続可能な周辺の端末を確認して接続をリクエストするか、他の端末からの接続リクエストを受信する。
[<https://www.wi-fi.org/ja/discover-wi-fi/wi-fi-direct>]

²² WLAN ネットワーク インフラストラクチャやインターネット接続、GPS 信号を必要とせずに他の WLAN 端末の迅速な発見と接続、データ交換を実現する機能。
[<https://www.wi-fi.org/ja/discover-wi-fi/wi-fi-aware>]

LPI モードにおける子局間通信を用いたアプリケーション（例）として以下があげられる。

- TV モニターへのミラーリング（4K ビデオなど）
- ゲームコントローラー
- AR・VR デバイス
- スマートスピーカー
- スマートホームに設置される様々なセンサー
- デバイス間でのセキュリティ鍵の交換
- アクセスポイントに接続していないスマートホーム機器やスマートスピーカーの初期設定時のアクセス

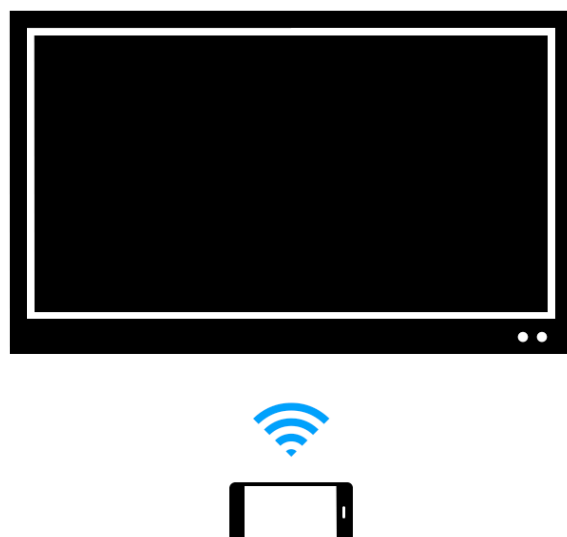


図 3.1-1 TV モニターへのミラーリング

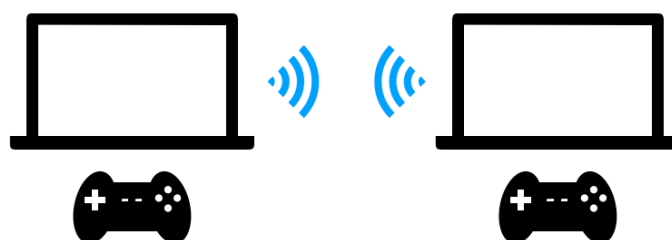


図 3.1-2 お互いの画面を共有しながらのゲーム

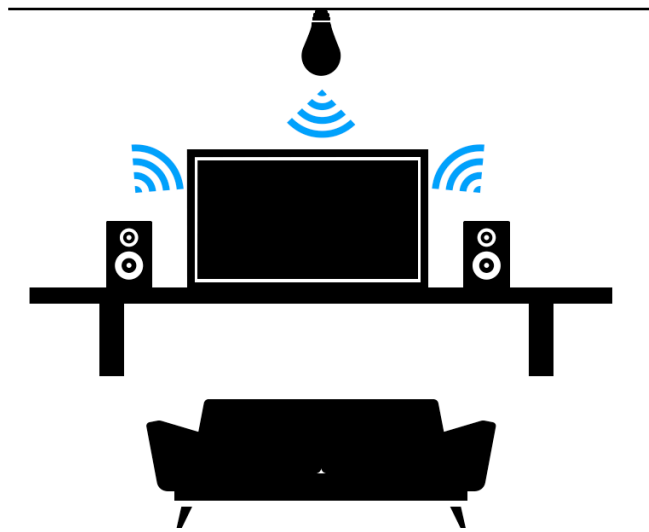


図 3.1-3 スマートホーム機器やスマートスピーカーの初期設定時のアクセス

第2節 要求条件

LPI モードにおける子局間通信は、現行制度化されている親局と子局間の通信を行う通常の LPI モード（以下「通常の LPI モード」という。）と同様、屋内での運用に限定する必要がある。LPI モードの親局は、屋内限定運用を担保するために、バッテリー駆動しない、全天候に対応しない等の技術的条件が定められており、親局であれば容易に移動することは想定されないが、子局に関しては主として移動する前提であるため、それを考慮した運用方法が求められる。

第3節 他の無線システムとの共用検討

3.3.1 周波数共用検討の前提条件

前節で述べたように、LPI モードにおける子局間通信は、屋内での運用に限定し、通常の LPI モードの周波数共用条件の範囲内で動作することを担保する必要がある。

この具体的な実現方法としては、LPI モードにおける子局間通信を利用する子局が受信する LPI モード親局の信号強度の閾値をあらかじめ設定し、子局は、親局からの信号が閾値を超えている場合にのみ、他の子局との直接通信を行うことが出来るようにする。ここでの他の子局とは、LPI モードの子局で子局間

通信の運用条件を満たしているもの及び VLP モードの端末²³で端末同士の無線通信のみにより構築されるネットワーク通信に対応した子局となる。

また、子局が移動することを考慮し、親局の信号強度の確認は定期的に行われることが望ましい。一方で、確認の頻度が高いと運用効率が低下するため、必要以上の頻度で確認することは避けることが望ましい。

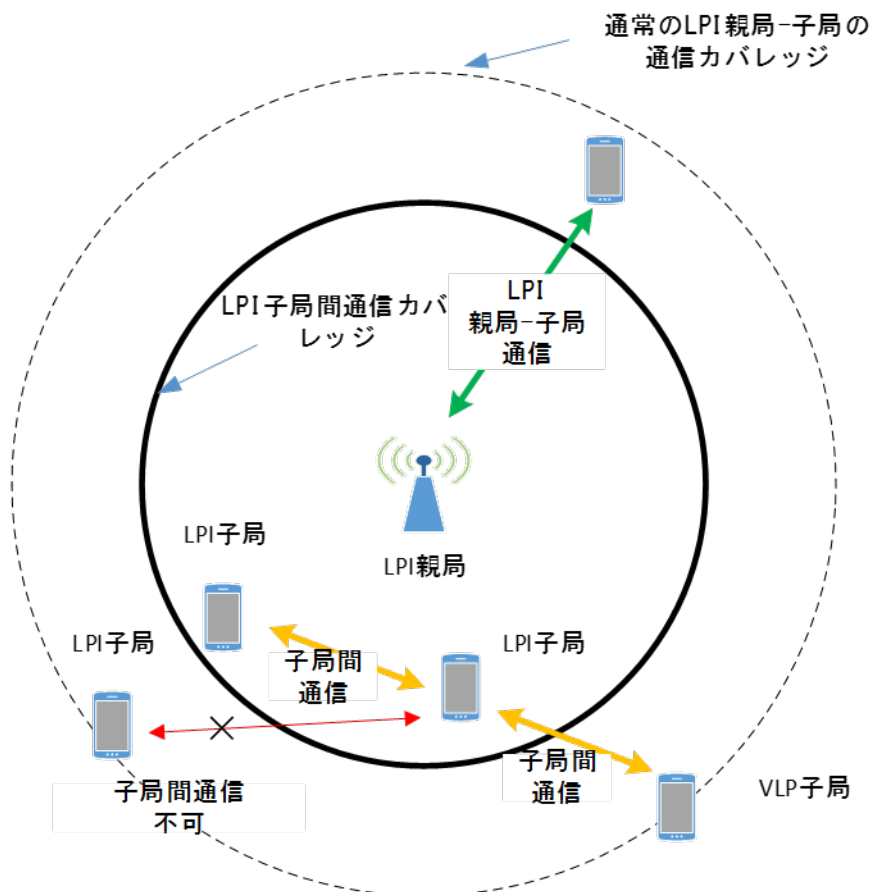


図 3.3-1 LPI モードにおける子局間通信の通信範囲

3.3.1.1 子局間通信が運用可能となる LPI モード親局の信号強度の閾値の算出

AWGN チャネルを前提とした場合、標準上 MCS0 を復調するための最低保証されている信号強度は、 $-82\text{dBm}/20\text{MHz}$ [ARIB STD-T71]である。実装では、標準で要求されている性能に対してマージンをもって機器が製造されることが

²³ VLP モードの子局が親局となり、LPI モードをサポートする子局が接続される場合は、LPI モードの子局が VLP モードの送信電力に低下させ通信を行う通常の親局-子局間の通信となる [ARIB STD-T71]。これは、現行の技術的条件での運用であり、今回議論している子局間通信には該当しない。

一般的であり、実際にはこの値より低い信号強度でも復調が可能である。このため、LPI モード親局の信号強度の閾値を $-82\text{dBm}/20\text{MHz}$ とすれば、実際のLPI 親局-子局の通信カバレッジより製造マージンの分だけ狭い範囲で子局間通信を実現することになる。そのため、LPI モード親局の信号強度の閾値は、 $-82\text{dBm}/20\text{MHz}$ を 1MHz 単位に換算した $-95\text{dBm}/\text{MHz}$ とすることが適当である。

3.3.1.2 子局間通信運用中の親局の信号強度の確認頻度

子局間通信のアプリケーション（例）は、積極的に移動しないものが想定されるが、子局間通信を行っている子局の位置が変わる場合を考慮すると、LPI 親局の信号強度を定期的に確認することなどの対策が必要であると考えられる。その場合、確認間隔が長い場合は、屋外等に移動してLPI 親局の信号が閾値を下回る場合でも通信が継続してしまうリスクが増大する。一方、確認間隔が短すぎる場合は子局間通信リンクへの影響、バッテリー消費が問題となる（通信中のキャリアセンスとは異なり、子局間通信モードが起動されている場合は親局の信号強度の確認は定期的に行われる）。このため、LPI 親局の信号が閾値を下回る場合でも通信が継続してしまうリスクを最小限にしつつ、端末運用へのインパクトも最小限にすることが求められる。現在、LPI の子局間通信の制度化が検討されている米国では、この確認頻度を4秒ごととすることが提案されている²⁴。

屋内での運用の場合、端末の移動速度は非常に小さく限定的と考えられるが、通常屋外での歩行速度に使われる時速 4km/h を仮定した場合、4秒での移動距離は約 4.5m となる。ここで、4秒間における移動距離 4.5m が我が国の建物の大きさに対して、どのような関係にあるかを考察する。住生活基本計画（全国計画）²⁵に記載されている単身者の都市居住型誘導居住面積水準は 40m^2 である。正方形を仮定すると一辺は約 6.3m となり4秒間の移動距離よりも大きい。2人以上の世帯やオフィス環境の屋内はさらに広くなり、4秒の移動距離より十分大きくなる。

LPI モード親局の信号強度の閾値は、実装の受信感度の実力値よりも高いところに設定されている。さらに、閾値については実装マージンを取るのもので、実際には $-95\text{dBm}/\text{MHz}$ よりも高い値で子局間通信が開始されることになる。し

²⁴ REPLY COMMENTS OF APPLE INC., BROADCOM INC., COMMScope INC., FACEBOOK, INC., GOOGLE LLC, HEWLETT PACKARD ENTERPRISE, INTEL CORPORATION, MICROSOFT CORPORATION, AND QUALCOMM INCORPORATED (March 23, 2021)
<https://www.fcc.gov/ecfs/document/1032318638803/2>

²⁵ 住生活基本計画（全国計画）（令和3年3月19日閣議決定）
https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku_house_tk2_000032.html

たがって、LPI モード親局の信号強度が -95dBm/MHz を下回ったとしても、直ちにLPIのカバレッジから外に出ることにはならない。移動距離に対する電界強度の変化は伝搬環境に大きく依存するため一意に決定はできないが、一例として、ITU-R 勧告 P. 1238-11²⁶に規定される Site-general model を使用し検証する。P. 1238-11 に規定される室内伝搬モデルは送信点と受信点在同一階にあることが前提であり、LPI 親局の信号が受信感度付近まで減衰するための十分な距離を確保するため、パラメータの適用距離が長く LPI 子局間通信のユースケースとして適切となる Industrial/NLOS モデルを選択する。Industrial/NLOS モデルのパラメータを入力した伝搬損失は次式のとおりとなる。

$$L(\text{dB}) = 37.9\text{Log}_{10}(d) + 21.01 + 13.4 + \text{Log}_{10}(f)$$

ここで周波数は 6200MHz とし、LPI 親局の e. i. r. p. を 100mW と仮定すると、図 3.3-2 で示すとおり、標準で規定される最低受信感度を下回るのは送受信点間の距離が 72m ²⁷付近となる。なお、ここでは無線 LAN チャンネルの最小単位である 20MHz の信号レベルを基準に検討を行っている。

²⁶ ITU-R 勧告 P. 1238-11, 'Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 450 GHz', <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.1238-11-202109-I/en>

²⁷ 本検討はある伝搬モデルを仮定した一考察であり、すべての屋内電波伝搬のケースを網羅するものではない。「 72m 」は、屋内のみに適用される伝搬モデルを使用して算出された値であり、実際の建物によってはこの距離に達する前に建物透過損失などが加わり、さらに信号が減衰してLPIカバレッジの範囲が決定することになる。

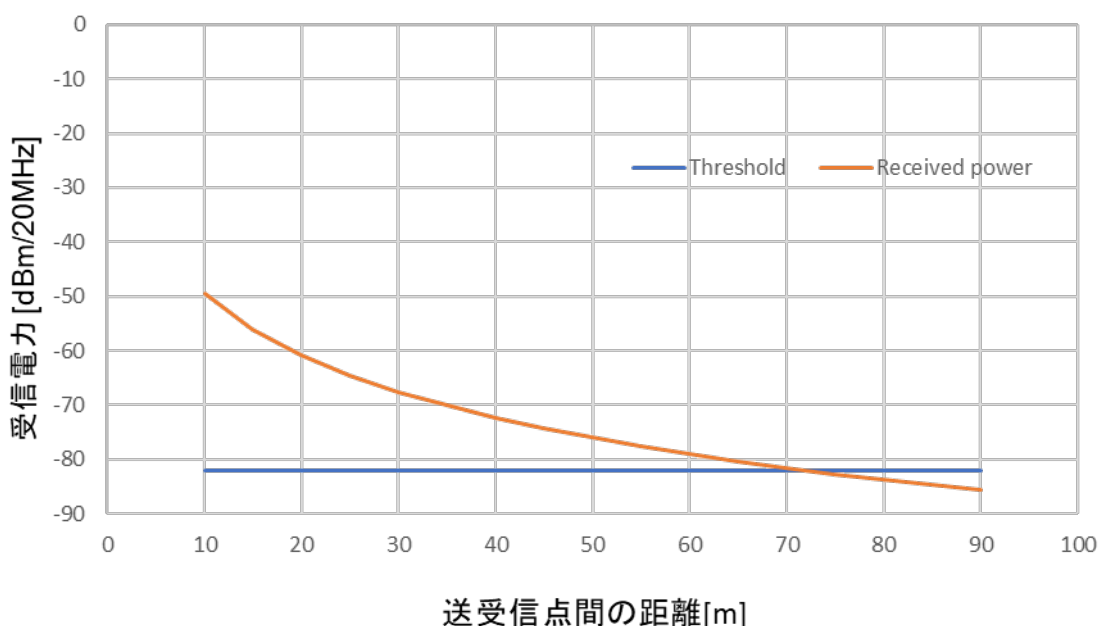


図 3.3-2 ITU-R P.1238-11 Site-general model 室内伝搬モデルによる無線 LAN 信号の受信電力の距離特性

4秒間で移動した点(76.5m)の受信電力は、約-83dBm/20MHzとなる。一方、無線LAN機器の受信能力の実力は-93dBm/20MHzの信号でもMCS0の復調が可能という報告²⁸があり、このレベルと比較すると-83dBm/20MHzは十分高いレベルであるといえる。この検証の結果、子局間通信を行っているLPI子局が、LPI親局信号強度の閾値を下回って移動しても4秒の間に子局間通信を停止すれば、通常のLPI親局-子局の通信カバレッジの範囲内で停止することになり、周波数共用条件に変更がないことが確認できる。

米国で提案されている4秒の確認頻度は、Wi-Fi Alliance²⁹等の業界団体からも支持をされているものである。

以上を考慮すると、子局間通信運用中の親局の信号強度の確認頻度は4秒以内とすることが適当である。

3.3.1.3 その他運用条件

LPIモード親局の信号強度の閾値の確認において、6GHz帯(5925~6425MHz)での運用を前提とする場合、無線LANチャンネルの帯域内における伝搬特性は

²⁸ ARUBA Data Sheet, https://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_AP530Series.pdf

²⁹ REPLY COMMENTS OF WI-FI ALLIANCE (March 23, 2021)
<https://www.fcc.gov/ecfs/document/1032391970682/1>

大きく変わらないことから、信号を受信した親局と異なるチャンネルで運用することも可能とする。

LPI モードにおける子局間通信は、閾値を超える場合でしか通信ができないため、他の LPI モード親局の配下の子局と通信する場合でも、それぞれの子局が運用条件を満たした状況で電波を発射する。LPI 子局の最大 e. i. r. p. は 200mW であり、e. i. r. p. の上限値は通信の相手方によって変わらないため、与干渉電力は、他の LPI モード親局の配下の LPI 子局と通信する場合であっても変わらないこととなる。こうした観点から、他の親局の配下の LPI 子局と通信する場合も運用可能とする。

3.3.2 周波数共用検討結果

LPI モード親局の信号強度の閾値を -95dBm/MHz とし、同信号の確認頻度を4秒以内とすることで、LPI モードの子局間の通信は親局の最大通信エリア内で実現することとなるため、通常の親局-子局間の通信エリアより広い範囲への与干渉を発生することはない。また、子局間通信を行う LPI 子局が VLP 子局と端末局間通信を行う場合でも、LPI 子局は子局間通信の運用条件を満たし、VLP 子局も現行で運用が想定されている条件での運用となる。それぞれケースにおいて現行の周波数共用条件の範囲内での運用となるため、新たな共用検討は不要であることを確認した。

第4節 技術的条件の検討

3.4.1 一般的条件

ア 周波数の使用条件

6GHz 帯無線 LAN における LPI モードによる子局間通信における周波数の使用条件は、原稿の技術的条件と同様に、周波数の使用を屋内に限定することが適当である。

また、LPI モードの親局との運用エリア内であることを担保するため、親局の信号強度を確認する機能の実装が適当である。

イ その他

その他の一般的条件は、6GHz 帯小電力データ通信システムのうち、等価等方輻射電力が 25mW を超え 200mW 以下の無線局の一般的条件及び第2章第5節 広帯域無線 LAN システムの LPI モードの無線設備の一般的条件に準ずることが適当である。

3.4.2 技術的条件

- ア 子局間通信が運用可能となる LPI モード親局の信号強度の閾値
LPI モード子局において子局間通信が運用可能となる LPI モード親局の信号強度の閾値は、 -95dBm/MHz とすることが適当である。
- イ 子局間通信運用中の LPI モード親局の信号強度の確認頻度
LPI モードの子局が子局間通信運用中に LPI モード親局の信号強度を確認する頻度は、少なくとも 4 秒に 1 回とすることが適当である。
- ウ その他
その他の技術的条件は、6GHz 帯小電力データ通信システムのうち、等価等方輻射電力が 25mW を超え 200mW 以下の無線設備の技術的条件及び本報告書、第 2 章 広帯域無線 LAN システムの LPI モードの無線設備の技術的条件に準ずることが適当である。

3.4.3 測定法

3.4.3.1 LPI モード子局における子局間通信機能

①空中線測定端子付きの場合

各空中線端子にて、LPI モード親局の送信する試験信号を -95dBm/MHz 未滿の信号強度で入力し、LPI モード子局における子局間通信が開始されないことを確認する。LPI モード親局の送信する試験信号の信号強度を徐々に増加させ、 -95dBm/MHz 以上において LPI モード子局における子局間通信が起動することを確認する。子局間通信が起動したのち、LPI モード親局の送信する試験信号を -95dBm/MHz 未滿の信号強度に減衰させ、4 秒以内に LPI モード子局における子局間通信がオフになることを確認する。

②空中線測定端子無しの場合

ア 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①と同様にして測定すること。この場合において、被測定対象機器が大きい場合は、遠方界条件を考慮のうえ測定距離を延ばすことが望ましい。

イ 空中線ごとに測定することが困難な場合

ア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、アを適用しないこと。この場合においては、①と同様にして測定すること。

3.4.3.2 その他

その他の測定法は、第2章第5節 広帯域無線 LAN システムの測定法に準ずることが望ましい。

第5節 制度化に向けた諸課題

LPI 子局間通信については、技術的条件に定める LPI 親局からの信号強度の閾値以上において機能することが、他のシステムとの共用の肝となるため、製造時や認証試験において、性能の確認が行われる体制の整備が求められる。

第4章 「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち「5.2GHz 帯自動車内利用の見直し」について

第1節 概要

近年、スマートフォンやタブレット端末等の普及により、移動通信システムのトラヒックは年々増加傾向にある。そのため、急増するトラヒックを迂回するオフロード先として無線 LAN を活用する傾向にある。また、無線 LAN の利用は、家庭やオフィスでの利用のみならず、駅や空港、観光地スポットなどに拡がっており、今後は自動車内をターゲットとした利用も想定されている。

令和元年に開催された ITU 世界無線通信会議(WRC-19)において、5150～5250MHz 帯の無線 LAN の屋外利用を世界的に可能とするため、衛星通信システムとの共用条件等を規定し、無線通信規則(RR)が改訂された。

これを受け、総務省では、令和4年3月の情報通信審議会一部答申を踏まえ、令和4年9月に e. i. r. p 40mW を上限として 5.2GHz 帯における自動車内利用に係る無線 LAN の技術的条件を定めた。

令和5年5月24日現在、5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムの工事設計認証を受けている件数は29件となっている。

また、令和4年8月、欧州では ECC Decision(04)08 が改定され、自動車内無線 LAN システムの使用条件の明確化がなされ、既存のスマートフォン等含む無線 LAN 製品を自動車内に持ち込んだ場合には、e. i. r. p. 200mW までの機器の使用が可能と定められた。

国内においても、業界、無線 LAN 関係者から既存のスマートフォン等含む無線 LAN 製品を自動車内に持ち込んだ場合には、e. i. r. p 40mW の制限を課さずそのまま利用できるような制度改正の要望が上がっている³⁰。

このような背景を踏まえ、5.2GHz 帯自動車内無線 LAN の導入に必要な技術的条件の見直しを行った。

³⁰ 電波法施行規則等の一部を改正する省令案等に関する意見募集の結果及び電波監理審議会からの答申 https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban12_02000144.html

第2節 諸外国における動向

4.2.1 ITU-Rにおける動向

令和元年11月のWRC-19³¹において、議題1.16「5150-5925MHzの周波数帯における無線LANを含む無線アクセスシステムに関する研究」³²について議論が行われ、このうち、5150~5250MHz帯における無線LANを含む無線アクセスシステムの屋外利用に関する検討について、各国や地域会合から提案（見解）が示され議論が行われた。

その結果、5150~5250MHz帯については、以下の内容を踏まえた形で無線通信規則（RR）脚注5.446Aに付随する決議229が改定されることとなった。

主な内容は次のとおりである。

- ・ 5150-5250MHz帯は、最大e.i.r.p. 200mWで、列車内（既に許可されている屋内扱い）で利用可能とし、また、自動車内では最大e.i.r.p. 40mWで利用可能とする。
- ・ 最大e.i.r.p. 200mWで、制御・制限された屋外利用を可能とする。
- ・ 最大e.i.r.p. 1Wまでの屋内及び制御・制限された屋外利用を可能とするが、この場合、既存業務保護のため、仰角5度超では最大e.i.r.p. 200mWの条件、又は、仰角30度超では最大e.i.r.p. 125mWの条件、又は5250~5350MHz帯と同じ仰角制限の条件のいずれかを適用し、さらに屋外利用台数を全無線LANの台数2%までに制限するよう適切な方法を採用しなければならない。
- ・ e.i.r.p. 200mW超で運用する場合、帯域外漏洩電力の条件として、各国でのe.i.r.p. 200mW向けに規定されたレベルを超えてはならない。
- ・ 上記のすべての場合において、既存の一次業務を保護しなければならない。
- ・ 各国主管庁には、屋外利用を認める場合、登録・通知などの方法により台数管理を行うことが求められる。

³¹ ITU 世界無線通信会議（World Radio Conference）

³² 決議809（WRC-15）における記載

図 4.2-1 5150 - 5250MHz RR 及び決議 229 の改定内容 (1/3)

■ 周波数分配テーブル

Allocation to services		
Region 1	Region 2	Region 3
5 150-5 250	FIXED-SATELLITE (Earth-to-space) 5.447A MOBILE except aeronautical mobile MOD 5.446A .446B AERONAUTICAL RADIONAVIGATION 5.446 MOD 5.446C MOD 5.447 5.447B 5.447C ADD 5.A116	

5150-5250 MHzの規定:
 ・"MOBILE": 移動業務(航空移動除く)に分配済み。
 ・[脚注 5.446A \(改定\)](#)を参照。

MOD
5.446A

The use of the bands 5 150-5 350 MHz and 5 470-5 725 MHz by the stations in the mobile, except aeronautical mobile, service shall be in accordance with Resolution 229 (Rev.WRC-1219). (WRC-1219)

[脚注 5.446A \(改定\)](#):

・5150-5350 MHz, 5470-5725 MHzの利用は、[決議229 \(WRC-19改定\)](#)に従うこと。

■ 決議229 (WRC-19改定)

MOD

RESOLUTION 229 (REV.WRC-19)

Use of the frequency bands 5 150-5 250 MHz, 5 250-5 350 MHz and 5 470-5 725 MHz by the mobile service for the implementation of wireless access systems including radio local area networks

The World Radiocommunication Conference (Sharm el-Sheikh, 2019),

[決議229 \(WRC-19改定\)](#)

(5GHz帯 WAS/RLAN (無線LAN)の利用条件を規定)

<略>

considering

<略>

"considering": 決議導出の背景となる考察事項を記載

自動車・列車内利用の場合の干渉低減について記載。

p)

that the attenuation offered by the car and train hulls, when WAS including RLANs are located inside automobiles and trains, could facilitate a level of protection to incumbent services from WAS including RLANs,

図 4.2-2 5150 - 5250MHz RR 及び決議 229 の改定内容 (2/3)

recognizing

<略>

"recognizing": 前提・背景等を記載

j)

that some sharing studies submitted to ITU-R between WAS/RLAN and FSS for non-GSO MSS feeder uplinks, in the frequency band 5 150-5 250 MHz, have shown that WAS/RLAN outdoor relaxation up to 3 per cent of the total number of WAS/RLAN can be feasible;

k)

that measures to control the number of outdoor WAS/RLAN, in the frequency band 5 150-5 250 MHz, can include: authorization approach, registration procedures, domestic notification, limited application, limitation to fixed WAS/RLAN access points, etc.,

③屋外利用における前提条件を追記。

<略>

resolves

<略>

"resolves": 決議の本体部分(強制事項)

①列車内 (EIRP200mW以下)
 ②自動車内 (EIRP40mW以下)の利用規定を追加。

2

that in the band 5 150-5 250 MHz, stations in the mobile service shall be restricted to indoor use, including inside trains, with a maximum mean e.i.r.p. of 200 mW and a maximum mean e.i.r.p. density of 10 mW/MHz in any 1 MHz band or equivalently 0.25 mW/25 kHz in any 25 kHz band. Mobile stations inside automobiles shall operate with a maximum e.i.r.p. of 40 mW;

3

that in the frequency band 5 150-5 250 MHz, administrations may exercise some flexibility by taking appropriate measures that would allow controlled and/or limited outdoor usage with a maximum mean e.i.r.p.¹ of 200 mW. Administrations have a further option to permit stations in the mobile service, for indoor or controlled outdoor use, to operate up to a maximum mean e.i.r.p. of 30 dBm. In the case of indoor or controlled outdoor use, administrations are requested to either ensure that the maximum e.i.r.p. at any elevation angle above 5 degrees as measured from the horizon shall not exceed 200 mW (23 dBm), or to ensure that the maximum e.i.r.p. at any elevation angle above 30 degrees as measured from the horizon shall not exceed 125 mW (21 dBm) or to apply the emission mask described in resolves 5 below to maintain protection to the incumbent services. In that case, administrations shall, take all appropriate measures, such as those described in recognizing k) to control the number of these higher power outdoor WAS/RLANs stations up to 2 per cent of the estimated total amount of WAS/RLAN stations. If the maximum e.i.r.p. is raised above 200 mW, unwanted emissions shall not increase above the existing levels already authorized within administrations for the existing systems that operate with an in-band e.i.r.p. of not greater than 200 mW. In all cases administrations are requested to maintain protection to the other primary services;

③屋外利用のための条件(EIRP1W以下、仰角制限、台数制限など)を追加。

図 4. 2-3 5150 - 5250MHz RR 及び決議 229 の改定内容 (3/3)

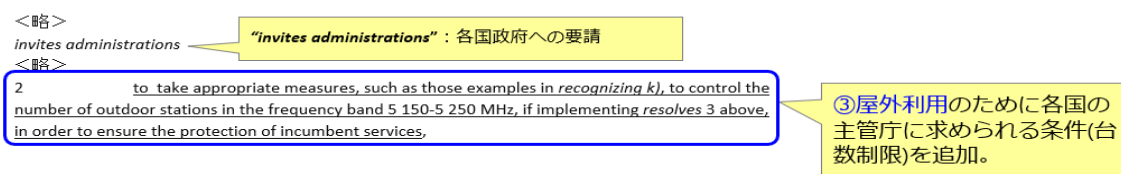


図 4. 2-1 の Considering に、自動車内利用のための干渉低減のための考察が記載されている。

図 4. 2-2 の赤枠内に、5. 2GHz 帯自動車内利用に関する決議内容が記載されており、自動車内の最大 e. i. r. p. については、「Mobile stations inside automobiles shall operate with a maximum eirp of 40 mW (自動車内の e. i. r. p. を最大 40mW 以下とする)」としつつ、続く青枠内では「that in the frequency band 5150-5250MHz, administrations may exercise some flexibility by taking appropriate measures that would allow controlled and/or limited outdoor usage with a maximum mean e. i. r. p. 1 of 200 mW (主管庁は、制御されたもしくは制限された屋外利用についても適切な手法によって最大 200mW まで柔軟に対応可)」として、適切な制限下では 200mW まで許容することとしている。

また、40mW 以下の根拠については、ITU-R の新報告草案 M. [RLAN SHARING 5150-5250 MHz]におけるフランスによる共用検討部分の記述によれば、屋内外の建物遮蔽損を 17dB と仮定しており、これに対応する自動車内外の遮蔽損を「Vehicle screening attenuation, an attenuation of 10dB」として、10dB と定義している。

これらを元に計算器シミュレーションを行った結果、40mW 以下であれば自動車内の利用は可能との結果が導き出されている。

なお、200mW で 17dB の遮蔽損では屋外においては 6dBm となり、自動車の遮蔽損が 10dB とすると、同様の計算から自動車内の出力が 40mW と導かれる。この結果を元に、被干渉相手方であるグローバルスターとの間で、自動車内の出力が 40mW であれば、衛星との干渉条件を満足するとの結果により共用可能との結論が導き出された。

以上を踏まえると、車内に固定設置される親局は最大 e. i. r. p. 40mW としつつ、車内に持ち込まれる子局については、車内でのアプリケーションに利用を限定することで最大 e. i. r. p. 200mW まで許容できる可能性が考えられる。

4.2.2 欧州における動向

令和3年7月に ECC Decision (04)08 を改定した。表 4.2.1 に 5150～5250MHz 帯無線 LAN の欧州規格 (ECC Decision (04)08) の概要を示す。

平均減衰損失が 12dB 未満の列車車両内及び最大等価等方輻射電力 40mW を適用する道路車両内を除き、200mW として定義された。

表 4.2.1 ECC Decision (04)08 -2021/07/02

Parameter	Technical conditions
Frequency band	5150-5250 MHz
Permissible operation	Indoor, including installations inside road vehicles, trains and aircraft, and limited outdoor use (Note 1) Use by Unmanned Aircraft Systems limited to within the 5170-5250 MHz band
Maximum mean e.i.r.p. for in-band emissions	200 mW except for installations inside train carriages with an attenuation loss on average of less than 12 dB and inside road vehicles where 40 mW maximum mean e.i.r.p. applies
Channel access and occupation rules	An adequate spectrum sharing mechanism shall be implemented
Maximum mean e.i.r.p. density for in-band emissions	10 mW/MHz in any 1 MHz band

Note 1: If used outdoors, equipment shall not be attached to a fixed installation or to the external body of road vehicles, a fixed infrastructure or a fixed outdoor antenna.

その後、使用条件の明確化のため令和4年7月に ECC Decision (04)08 を改定した。表 4.2-2 に 5150～5250MHz 帯無線 LAN の欧州規格 (ECC Decision (04)08) の概要を示す。

表 4.2.2 ECC Decision (04)08 -2022/07/01

Parameter	Technical conditions
Frequency band	5150-5250 MHz
Permissible operation	Indoor use, including installations inside road vehicles, trains and aircraft, and limited outdoor use (Note 1) Use by Unmanned Aircraft Systems limited to within the 5170-5250 MHz band
Maximum mean e.i.r.p. for in-band emissions	200 mW Exceptions: <ul style="list-style-type: none"> • 40 mW maximum mean e.i.r.p. applies for installations inside train carriages with an attenuation loss on average of less than 12 dB; • 40 mW maximum mean e.i.r.p. applies for installations inside road vehicles.
Channel access and occupation rules	An adequate spectrum sharing mechanism shall be implemented
Maximum mean e.i.r.p. density for in-band emissions	10 mW/MHz in any 1 MHz band
Note 1: If used outdoors, equipment shall not be attached to a fixed outdoor antenna, fixed infrastructure or to the external body of road vehicles.	

最大 e. i. r. p 値 200mW を基本とし、平均 12dB 未満の減衰損失の電車の客車に設置する場合及び道路車両内に設置する場合に対してのみ最大 e. i. r. p 値 40mW の制限が適用されることとなった。

第3節 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムに対する要求条件

自動車内に持ち込まれる無線 LAN 端末 (e. i. r. p. 200mW) が走行中の自動車内で 5.2GHz 帯無線 LAN が使用される際のユースケースを表 4.3-1 に示す。

表 4.3-1 無線 LAN の代表的な走行中のユースケース

	Projection Type	In-Car WiFi
概要 Overall	<p>当面 5.2GHz帯を用いたWiFi利用が期待されるUse Case</p> <p>Mobile device provides display and Audio output into the vehicle system and controlled by embedded HMI in the car.</p>	<p>TCUの5G対応にともなって、5.2GHz帯を用いたWiFi利用が期待されるUse Case</p> <p>Mobile communication Module provide WiFi connectivity to various consumer electronics brought in.</p>
構成 Configuration		
出力制限の やり易さ	<p>スマホアプリとIVIに組み込まれたSDKが組み合わせて動作する為、 ・屋外利用（Automotiveでの利用）の判別が可能</p>	<p>車載通信モジュールは、自動車への設置を前提としており、常時出力制限する事が可能</p>
車載器	専用モード	アクセスポイント
持込機器	専用モード	ステーションモード（クライアント）

・ Projection Type

スマートフォン等移動端末と車載機を、5.2GHz帯無線LANを介して接続し、移動端末の画面を車載のディスプレイに映し出すなどの使用例である。図4.3-1に事例を示す。

・ In-Car Type

自動車内に携帯電話網と接続される車載通信モジュールが内蔵されている無線機が固定設置されており、これがアクセスポイントとなることで、自動車内に固定設置された端末や持ち込まれたスマートフォン等移動端末が5.2GHz帯を介して、インターネットに接続可能となる使用例である。

車内におけるモバイル機器とヘッドユニットとの無線データ通信

WiFi Access Point



ペアリング
接続

音声データ (音楽, 音声/通話, Siriなど)
映像データ (マップなど)
その他のデータ (GPS/GNSS, 3rd party Appsなど)



WiFi 5GHzを利用したリアルタイム通信

WiFi Station/Client



図 4.3-1 Projection Type を利用するシーンの事例

自動車内無線 LAN の利用シーンとして上記の Projection Type と In-Car WiFi については、最大 e. i. r. p. 40mW 以下を条件に自動車内で 5.2GHz 帯無線 LAN システムの利用が可能となったが、既存のスマートフォン等含む無線 LAN 製品を自動車内に持ち込んでも利用を可能とする要望がある。具体的には、以下のようなユースケースが想定される。

- ・車内に設置されるヘッドユニットと車内に持ち込まれるモバイル機器において、CarPlay や Android Auto に代表される OS と連携して利用される Projection Type を用いて、地図情報や音声データなどを車載器側と高速で情報伝送させる。
- ・車内に設置された TCU (Telematics Control Unit) と車内に持ち込まれるモバイル機器において、In-Car WiFi サービスとして、音楽や動画、ゲームなどのコンテンツを高速で情報伝送させる。

また、自動車内において使用される無線 LAN システムの仕様は、5GHz 帯小電力データ通信システムで使用されている IEEE 802.11a/n/ac/ax/be を想定している。

クライアント（子局）に関しては、既存のスマートフォン等含む無線 LAN 製品を自動車内に持ち込んでもそのまま使えるよう、家庭内などと同じ 200mW (e. i. r. p. 値) として、使い勝手を同じにすることが望まれる。

前述の Projection Type においては、SSID など接続に必要な制御情報がヘッドユニット側から送信される場合は、ヘッドユニット側がアクセスポイント、

持ち込まれる機器がクライアントとして動作するため、持ち込まれるモバイル機器は最大出力 200mW(e. i. r. p. 値)まで許容されることになる。

第4節 他の無線システムとの共用検討

4.4.1 周波数共用検討の条件

共用検討対象となる 5.2GHz 帯及び隣接となる 5.3GHz 帯を使用する他のシステムをまとめると表 4.4-1 のとおりとなる。

これらの無線システムに対して、令和3年度情報通信審議会一部答申における検討をもとに、自動車内に持ち込まれる無線LAN端末の最大 e. i. r. p. を 200mW として、周波数共用検討を実施した。

表 4.4-1 各周波数帯の共用検討対象システム

周波数帯	共用検討対象システム	
5.2GHz 帯 (5150~5250MHz)	移動衛星システム	5091~5250MHz
	小電力データ通信システム	5150~5250MHz
5.3GHz 帯 (5250~5350MHz)	地球探査衛星	5250~5350MHz
	気象レーダー	5250~5372.5MHz

4.4.2 移動衛星システム (MSS フィーダリンク) との共用検討

今回の検討対象となる 5.2GHz 帯 (5150~5250MHz) 周波数帯は、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) のフィーダリンク) に分配され、現在、5091~5250MHz 帯のうち、5091~5250MHz で GS (Globalstar) が、5150~5250MHz で ICO (Intermediate Circular Orbit) が、MSS フィーダリンク (アップリンク) に使用している。

また、隣接する周波数帯では、我が国では既に気象レーダーや地球探査衛星システム等の利用があり、周波数共用の検討が必要となる。

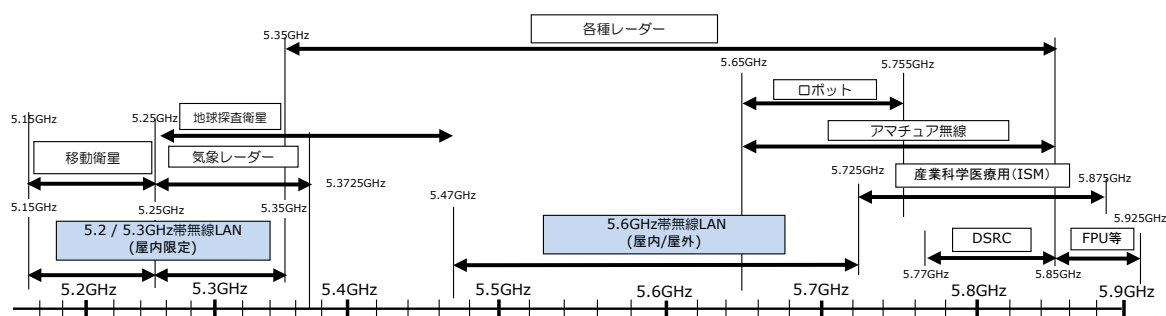


図 4.4-1 5GHz 帯周波数の使用状況

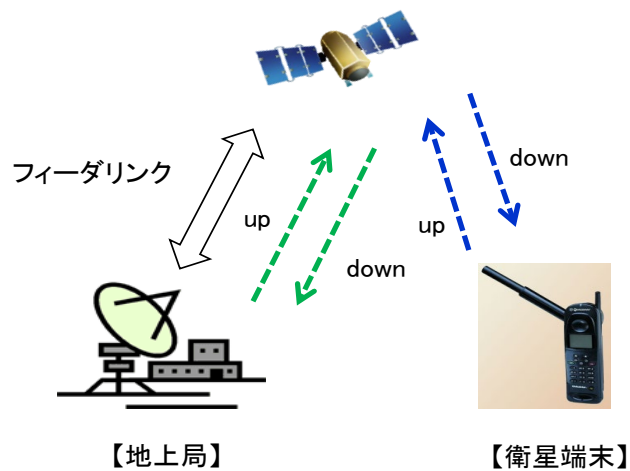


図 4.4-2 Globalstar システムの概要

本検討は、5.15GHz～5.25GHzにて運用されている移動衛星システム（MSS フィーダリンク）と車内利用を考慮した無線 LAN システムとの周波数共有のシナリオについて評価し、技術的な共有条件を特定するために実施する。

(1) 共有検討モデル

検討で用いたパラメータについては表 4.4-1に示すが、WRC-19 決議 229 に基づき、車内設置の無線 LAN 機器の最大出力は 40mW(eirp. 値)とクライアント機器として最大出力 200mW(eirp. 値)まで含めて評価を行う。

表 4.4-2 検討で用いたパラメータ

パラメータ	値、条件、参照先							
eirp. 分配	シナリオ 1:							
	送信 e. i. r. p.	1 W (directional)	200 mW (omni)	80 mW (omni)	50 mW (omni)	25 mW (omni)	all	
	Indoor	0%	18%	25.6%	14.2%	36.9%	94.7%	
	Outdoor	2%	0%	0.6%	0.75%	1.95%	5.3%	
	Total	2%	18%	26.2%	14.95%	38.85%	100%	
	シナリオ 2:							
	送信 e. i. r. p.	1 W (directional)	200 mW (omni)	80 mW (omni)	50 mW (omni)	25 mW (omni)	all	
	Indoor	0.03%	18%	25.69%	13.17%	38.11%	95%	
	Outdoor	0.47%	0%	0.51%	0.28%	0.74%	2%	
	In-vehicle	1.5%	0%	0%	1.5%	0%	3%	
	Total	2%	18%	26.2%	14.95%	38.85%	100%	
	シナリオ 3:							
	送信 e. i. r. p.	1 W (directional)	200 mW (omni)	80 mW (omni)	50 mW (omni)	40 mW (omni)	25 mW (omni)	all
	Indoor	0%	18.06%	25.68%	14.24%	0%	37.02%	95%
	Outdoor	2%	0%	0%	0%	0%	0%	2%
	In-vehicle	0%	0%	0%	0%	3%	0%	3%
Total	2%	18.06%	25.68%	14.24%	3%	37.02%	100%	
シナリオ 4:								
送信 e. i. r. p.	1 W (directional)	200 mW (omni)	80 mW (omni)	50 mW (omni)	40 mW (omni)	25 mW (omni)	all	
Indoor	0%	18.06%	25.68%	14.24%	0%	37.02%	95%	
Outdoor	2%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	
In-	0%	1.5%	0%	0%	1.5%	0%	3%	

	<table border="1"> <tr> <td>vehicle</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>2%</td> <td>19.56%</td> <td>25.68%</td> <td>14.24%</td> <td>1.5%</td> <td>37.02%</td> <td>100%</td> </tr> </table>	vehicle								Total	2%	19.56%	25.68%	14.24%	1.5%	37.02%	100%				
vehicle																					
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及び利得	<p>・送信電力が 200 mW 以下のもの ITU-R 勧告 M.1652-1 (Appendix 2 to Annex 6)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>仰角, ϕ (度)</th> <th>利得 (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$45 < \phi \leq 90$</td> <td>-4</td> </tr> <tr> <td>$35 < \phi \leq 45$</td> <td>-3</td> </tr> <tr> <td>$0 < \phi \leq 35$</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>$-15 < \phi \leq 0$</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>$-30 < \phi \leq -15$</td> <td>-4</td> </tr> <tr> <td>$-60 < \phi \leq -30$</td> <td>-6</td> </tr> <tr> <td>$-90 < \phi \leq -60$</td> <td>-5</td> </tr> </tbody> </table> <p>・送信電力が 200 mW を超え 1 W 以下のもの WRC-19 決議 229 及び無線設備規則に基づき仰角 θ に対してそれぞれ以下の値を適用 -13 dB(W/MHz) for $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$ -13 -0.716($\theta - 8$) dB(W/MHz) for $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$ -35.9 -1.22($\theta - 40$) dB(W/MHz) for $40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ -42 dB(W/MHz) for $45^\circ < \theta$</p>	仰角, ϕ (度)	利得 (dBi)	$45 < \phi \leq 90$	-4	$35 < \phi \leq 45$	-3	$0 < \phi \leq 35$	0	$-15 < \phi \leq 0$	-1	$-30 < \phi \leq -15$	-4	$-60 < \phi \leq -30$	-6	$-90 < \phi \leq -60$	-5				
仰角, ϕ (度)	利得 (dBi)																				
$45 < \phi \leq 90$	-4																				
$35 < \phi \leq 45$	-3																				
$0 < \phi \leq 35$	0																				
$-15 < \phi \leq 0$	-1																				
$-30 < \phi \leq -15$	-4																				
$-60 < \phi \leq -30$	-6																				
$-90 < \phi \leq -60$	-5																				
その他の無線 LAN 端末要素	<p>・屋内、屋外利用端末:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Busy Hour Factor</th> <th>Market Factor</th> <th>5GHz Factor</th> <th>Overlap Factor</th> <th>RF Activity Factor</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>62.7%</td> <td>54.2%</td> <td>74%</td> <td>14.3%</td> <td>10%</td> <td>0.36%</td> </tr> </tbody> </table> <p>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 5150-5250MHz]</p> <p>・車内利用端末:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Peak Traffic Density*</th> <th>5GHz Factor</th> <th>RF Activity Factor</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8%</td> <td>50%</td> <td>10%</td> <td>0.4%</td> </tr> </tbody> </table> <p>参照先: ITU-R 新報告草案 M. [RLAN REQ-PAR] 及び ECC Report 101* 注: 今後、6GHz 帯が無線 LAN として使用可能になった場合には、稼働率はさらに小さくなることが予想される。</p>	Busy Hour Factor	Market Factor	5GHz Factor	Overlap Factor	RF Activity Factor	Total	62.7%	54.2%	74%	14.3%	10%	0.36%	Peak Traffic Density*	5GHz Factor	RF Activity Factor	Total	8%	50%	10%	0.4%
Busy Hour Factor	Market Factor	5GHz Factor	Overlap Factor	RF Activity Factor	Total																
62.7%	54.2%	74%	14.3%	10%	0.36%																
Peak Traffic Density*	5GHz Factor	RF Activity Factor	Total																		
8%	50%	10%	0.4%																		

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) (図 4.4-3 参照)
クラッタ 損失	ITU-R 勧告 P. 2108 (percentage of locations: p : 0.5) (図 4.4-4 参照)
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 Report 302
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 Report 302
許容 干渉値 I/N	-12.2 dB 参照先: ITU-R 勧告 S. 1432-1

図 4.4-5 に示すように、地球の半径を 6371km、衛星の高度を 1414km、被干渉衛星局のフットプリントの弧の長さを 5800km とし、フットプリント内に与干渉無線 LAN 端末が均一分布していると想定し、与干渉端末からの干渉の総和を計算する。

また、図 4.4-6 に示すように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 人とする。

I/N は次式で計算する。

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

ここで、

- ・ EIRP = アンテナ利得、人体損失を含めた与干渉端末の e. i. r. p. 値 (dBm)
- ・ PL = 自由空間伝搬損失 (dB)
- ・ L_{bdg} = 建物もしくは車の遮蔽損失 (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)

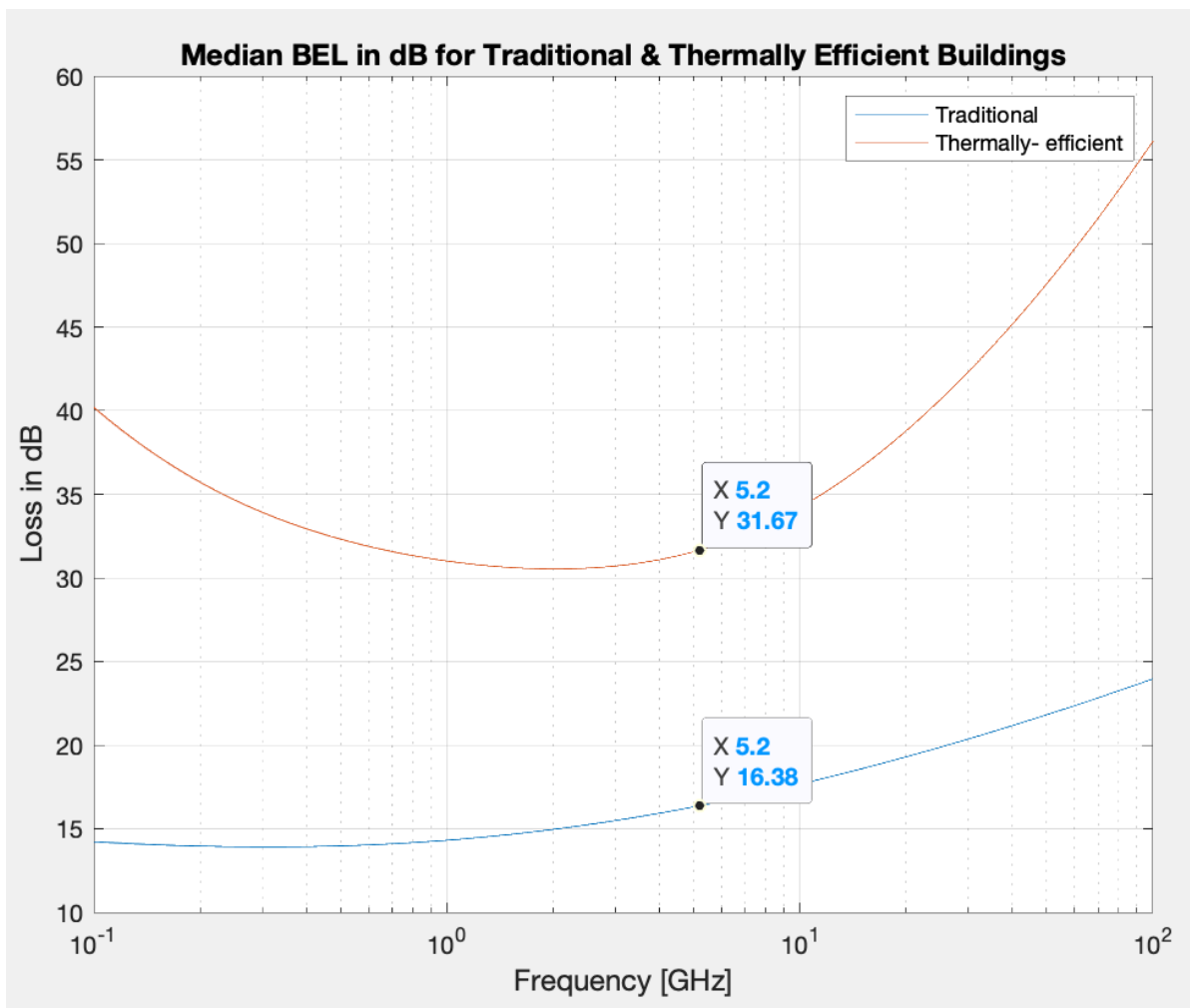


図 4.4-3 ITU-R 勧告 P. 2109 による建物遮蔽損失

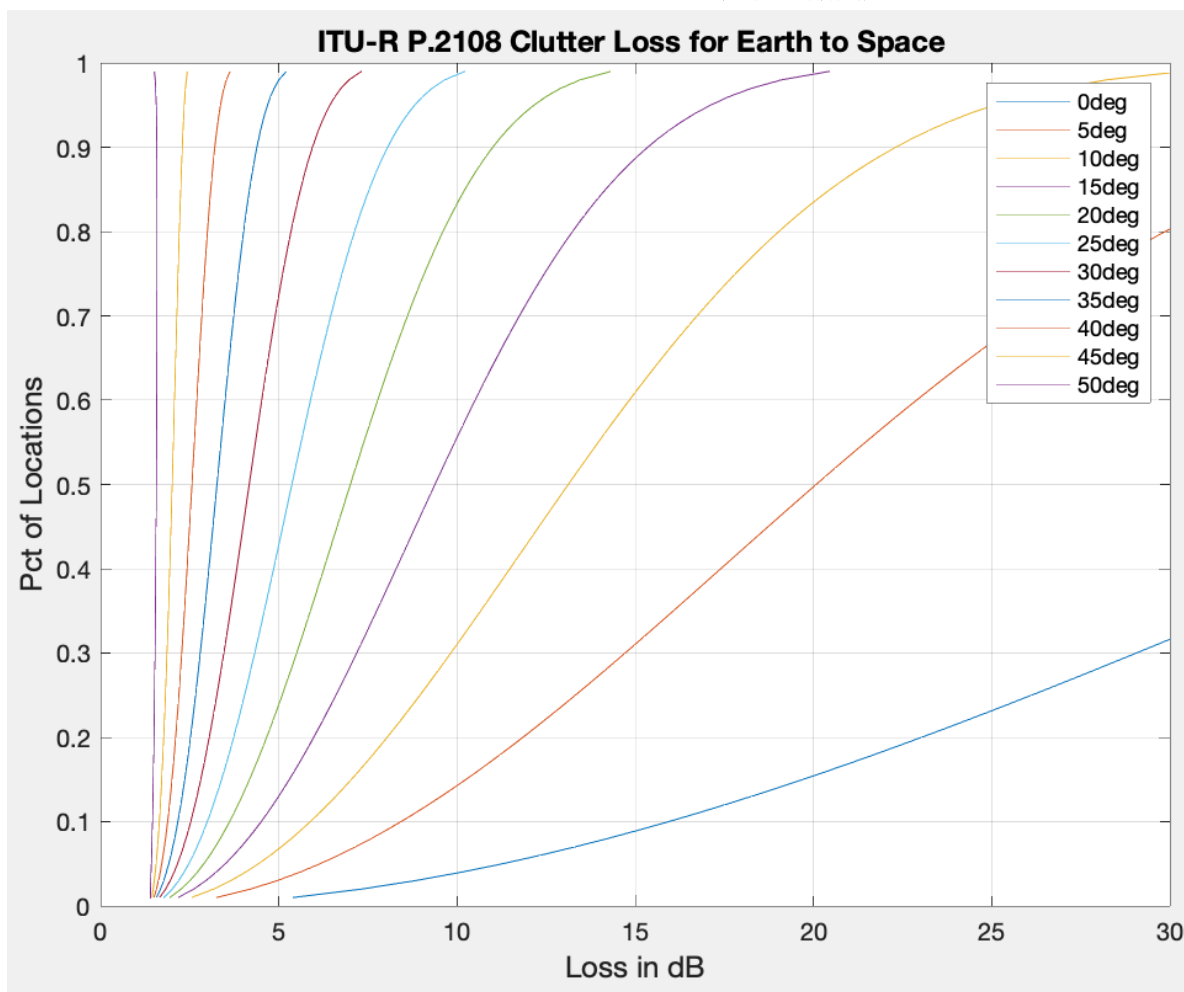


図 4.4-4 ITU-R 勧告 P. 2108 によるクラッタ損失

与干渉端末が屋内、屋外、車内それぞれで使用される場合の被干渉局への影響を評価するために、フットプリント内の人口 1,663,236,000 とし、以下に示すように WRC-19 の検討で使用された条件、パラメータを元に 4 つのシナリオを検討する。

シナリオ 1 : 屋内、屋外での無線 LAN 端末の利用比率をそれぞれ 94.7%、5.3% (ITU-R 新報告草案 M. [RLAN SHARING 5150-5250 MHz] Study 5) として、屋内、屋外利用端末とは別に約 1 億台の車内設置の無線 LAN 端末 : 40mW (e. i. r. p. 値) を追加する。

シナリオ 2 : 車内利用を考慮した無線 LAN 端末の利用比率 : 屋内、屋外、車内それぞれ 95%、2%、3% (ITU-R 新報告草案 M. [RLAN SHARING 5150-5250 MHz] Study 6) を参照して分配する。

シナリオ 3 : シナリオ 2 を元に車内設置の無線 LAN 端末 : 40mW (e. i. r. p. 値) を追加して、さらに WRC-19 の決議に基づき高出力の屋外端末を 2% に分配する。

シナリオ 4 : シナリオ 3 を元に車内に持ち込まれるクライアント端末 : 200mW (e. i. r. p. 値) も想定して、車内設置無線 LAN 端末 : 40mW (e. i. r. p. 値) と同じ比率で分配する。

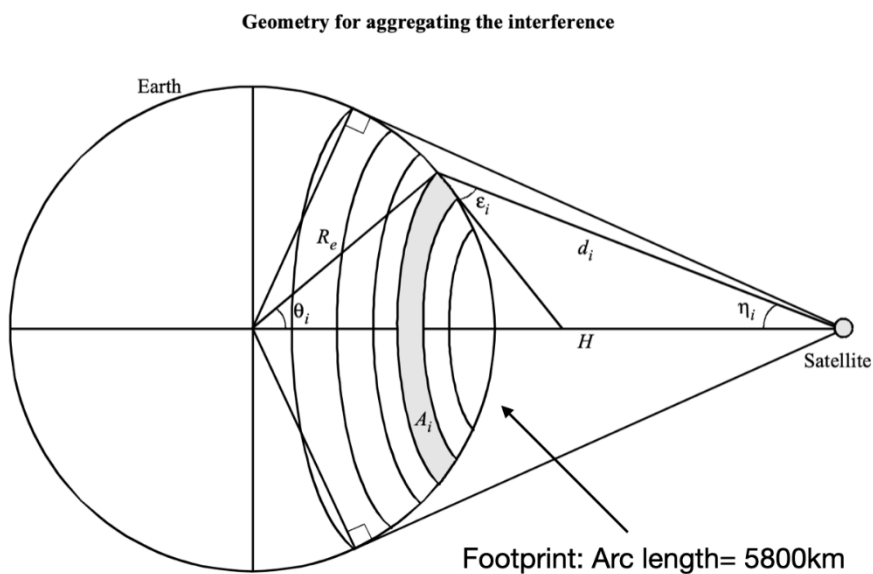


図 4.4-5 移動衛星局と地球の位置関係 (ITU-R 勧告 M. 1454 より転載)



図 4.4-6 計算で想定したフットプリント

(2) 共用検討結果

計算結果を表 4.4-3 に示す。

表 4.4-3 計算で想定したフットプリント

e. i. r. p. 分配	I/N(dB)	総和干渉量に対する車内利用端末からの寄与(dB)
シナリオ 1	-12.39	0.2dB 以下
シナリオ 2	-15.93	0.1dB 以下
シナリオ 3	-13.44	0.1dB 以下
シナリオ 4	-13.43	0.1dB 以下

全てのシナリオにおいて干渉許容値 $I/N = -12.2\text{dB}$ を満足した。また、総和干渉量に対する車内利用機器からの寄与分は最大でも 0.2dB 程度であり、今想定した条件下では、車内利用による被干渉衛星局への影響は限定的であることを確認した。

(3) 結論

5150~5250MHz 帯の車内利用を含めた無線 LAN 端末と移動衛星フィーダリンクとの周波数共用の評価を行った。

本検討では、被干渉システムとして ITU-R 勧告に記載のパラメータを元に移動衛星フィーダリンクのモデルを構築し、与干渉システムである無線 LAN 端末の特性、条件についても ITU-R 等のレポートを参照し、アジア太平洋内のフットプリント内に存在する車内利用を含めた無線 LAN 端末を四つの異なる e. i. r. p. 分配テーブルを想定して、上空の被干渉システムへの干渉の総和量を計算した。

計算の結果、全てのシナリオにおいて干渉許容値 ($I/N=-12.2\text{dB}$) を満足し、車内利用による総和干渉量への寄与は最大でも 0.2dB であり、影響は限定的であることを確認した。

今後、市場動向が変化する場合等においては改めて検討が必要になるが、本検討で想定した車内設置無線 LAN 端末 40mW (e. i. r. p. 値) 及び車内に持ち込まれるクライアント端末 200mW (e. i. r. p. 値) の条件下においては、 5.15GHz ~ 5.25GHz 帯での無線 LAN 端末の車内利用による移動衛星フィーダリンクへの有害な干渉はないという結論となった。

なお、本干渉検討の結論及び共用条件については、被干渉システム運用者の米国グローバルスターにおいても許容できるものとして確認済みである。

(4) 共用条件

以上により共用可能となる条件は以下と考えられる。

- ・ 車内に設置される無線 LAN アクセスポイント端末は WRC-19 Res. 229 に定める最大出力 40mW (e. i. r. p. 値) とする。
- ・ 車内に持ち込まれるスマートフォンのようなクライアント機器は車内設置無線 LAN に接続する条件のもと、最大 200mW (e. i. r. p. 値) まで許容する。

4.4.3 5.3GHz 帯気象レーダーとの共用検討

$5250\sim 5372.5\text{MHz}$ 帯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・ゲリラ豪雨・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る。気象レーダーには、降雨(雪)量の観測を主目的としたタイプやドップラー機能を有するタイプ等のタイプがあり、設置場所も山岳地域、都市部、空港と幅広く分布している。また、レーダーのスキャンシーケンスにも、高仰角から順次仰角を下げるタイプと、低仰角から仰角を上げていくタイプがある。

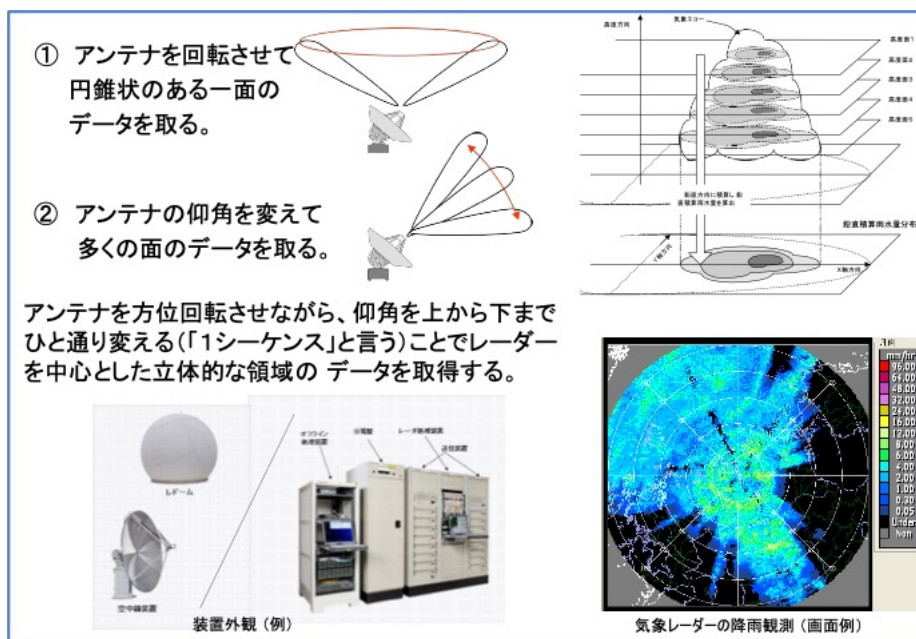


図 4.4-7 気象レーダーの概要^[13]

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。

自動車内に持ち込まれる 5.2GHz 帯無線 LAN 子局と 5.3GHz 帯気象レーダーとの周波数重複はないものの、周波数が隣接することから、自動車内に持ち込まれる無線 LAN 機器として、スマートフォンやタブレットデバイスのようなモバイル機器を想定し、自動車内に持ち込まれる 5.2GHz 帯無線 LAN 子局への与干渉のみを検討した。

無線 LAN 子局の周波数帯は 5150～5250MHz であり、近接する 5.3GHz 帯気象レーダーへの与干渉検討にあたって、無線設備規則別表第三号 29(1) の帯域帯漏えい電力値を考慮し、これをもとに既存の 5.3GHz 帯気象レーダーへの干渉検討を行った。5.2GHz 帯の無線 LAN システムの帯域外漏えい電力に対する気象レーダーの受信電力は次の式で計算される。

$$Pr = PtGr/L$$

Pr : 気象レーダーの受信電力 (W)
Pt : 無線 LAN の帯域が漏洩電力 (W)
Gr : 気象レーダーの空中線利得
L : 電波の伝搬損失

これをデシベルで表現すると

$$Pr \text{ (dBm)} = Pt \text{ (dBm)} + Gr \text{ (dBi)} - L \text{ (dB)}$$

となる。

ここで、Gr はアンテナ単体の利得から受信系の導波管損失を引いた LNA 入力端から見た利得とし、L は次の 2 つの損失の合算値として正の値を取るものとする。

$$L \text{ (dB)} = Ld \text{ (dB)} + Lw \text{ (dB)}$$

Ld : 自由空間伝搬損失

Lw : 車の遮断損

無線 LAN と気象レーダーまでの距離を d (m) とすると、自由空間伝搬損失 Ld は次の式で計算される。

$$Ld = (4\pi d / \lambda)^2$$

これをデシベルで表現し、後の計算のために d を分けておくと、

$$\begin{aligned} Ld \text{ (dB)} &= 10 \log (4\pi d / \lambda)^2 \\ &= 20 \log (4\pi d / \lambda) \\ &= 20 \log (d) + 20 \log (4\pi / \lambda) \end{aligned}$$

これらから気象レーダーが受ける干渉電力 Pr は

$$Pr \text{ (dBm)} = Pt \text{ (dBm)} + Gr \text{ (dBi)} - (20 \log (d) + 20 \log (4\pi / \lambda) + Lw)$$

となり、次のように変形できる。

$$\begin{aligned} \log (d) &= (Pt - Pr + Gr - 20 \log (4\pi / \lambda) - Lw) / 20 \\ d &= 10^{((Pt - Pr + Gr - 20 \log (4\pi / \lambda) - Lw) / 20)} \end{aligned}$$

自動車内に持ち込まれる 5.2GHz 帯無線 LAN 子局の帯域外漏えい電力値は 23.6 μ W/MHz となっており、気象レーダーの受信帯域は 1.4MHz 程度なので、Pt

は 33.0 μ W とし、気象レーダーの受信周波数 5260MHz から λ を算出し気象レーダーの干渉レベルを最小受信電力-110dBm、Lw を報告書から 10dB とする。

ここで、気象レーダーの空中線利得は 44dBi 程度であるが、受信系の導波管ロス を 4dB 見込めるのでメインローブの Gr は 40dBi となる。また、サイドローブ方向の利得はこれよりも 35dB 程度低くなるので 5dBi とする。

スマートフォンやタブレットデバイスのようなモバイル機器を想定するため、Rep. ITU-R M. 2292-0³³ (注1) を参照して 4dB の人体吸収損を考慮する。

以上の条件より、気象レーダーの離隔距離は次のように算出される。

メインローブ受信 : 5201m

サイドローブ受信 : 92.5m

以上は、無線 LAN の帯域外不要輻射が技術基準値の場合の結果であるが、実際の無線装置は、消費電力の低減などの設計上の制約から上限値からある程度マージンを確保することが想定される。そこで、帯域外不要輻射電力を 3dB のマージンを考慮した場合についても計算を行った。その場合の気象レーダーの離隔距離は次のように算出される。

メインローブ受信 : 3682m

サイドローブ受信 : 65.5m

これらの結果から、帯域外不要輻射放射電力を下げると所要離隔距離は大きく低下することが分かる。

気象レーダーは通常は標高の高い場所に設置され、メインローブが無線 LAN に当たる可能性はなく、また 70m 以内に自動車接近することは通常では起こりえないため、5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムに接続される 5.2GHz 帯無線 LAN 子局と 5.3GHz 帯気象レーダーとの共用が可能と考えられる。

4.4.4 地球探査衛星システムとの共用検討

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に打ち上げられる衛星である。代表的なイメージを図 4.4-8 に示す。

³³ Rep. ITU-R M. 2292-0, 5.2.5 Body Loss

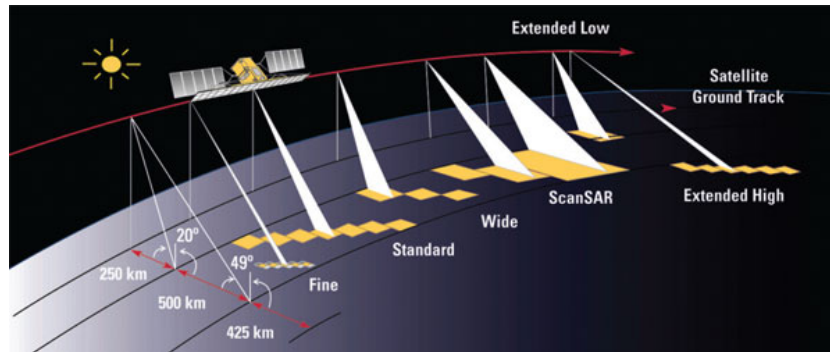


図 4.4-8 地球探査衛星システムのイメージ^[14]

5. 2GHz 帯に隣接する地球探査衛星との共用条件は、平成 16 年度、平成 18 年度、平成 24 年度、平成 30 年度及び平成 31 年度の無線 LAN の共用検討で検討されてきた結果を踏まえることが適当である。

特に平成 16 年度陸上無線通信委員会報告及び平成 18 年度陸上無線通信委員会報告における結果によれば、5. 3GHz 帯無線 LAN システムは、ITU-R 勧告 SA. 1632(現 RS. 1632)に基づき次の条件とすることで、地球探査衛星業務及び宇宙研究業務との周波数共用を可能とされている。

【周波数共用条件】

1. 屋内のみとする(建物による平均遮蔽効果:17dB)とすること
2. TPC 機能を具備すること又は TPC を具備しない場合は規定の最大電力から 3dB 低下すること
3. e. i. r. p. が 200mW 以下、e. i. r. p. 密度が 10mW/MHz 以下(20MHz 幅システム)であること
4. DFS 機能等のランダムなチャンネル選択を具備すること

これらの周波数共用条件のうち、条件 4 は 5. 3GHz 帯の同一チャンネル利用をするシステムとの共用条件であり、かつ、それらのチャンネル使用を平均化するための条件であることから、1 から 3 までの条件について検討を行った。

自動車内に持ち込まれる 5. 2GHz 帯無線 LAN 端末の 5. 3GHz における不要発射の強度の許容値は、無線設備規則別 表第三号 29(1)より、 $2.5\mu\text{W}/\text{MHz}$ である。また、自動車車体の遮蔽損失 10dB 及び人体損失 4dB を加味することが適当である。

以下、自動車内に持ち込まれる 5. 2GHz 帯無線 LAN 端末の不要発射の強度の許容値と、5. 3GHz 帯無線 LAN(屋内)の e. i. r. p. 密度の比較を行った。

- ・ 車体遮蔽及び人体損失を加味した自動車内に持ち込まれる 5.2GHz 帯無線 LAN 端末(20MHz 幅システム)の e. i. r. p. 密度は、-40dBm/MHz となる。
- ・ 建物遮蔽損失及び TPC 機能を具備しない場合の電力低下を加味した 5.3GHz 帯無線 LAN(屋内)の e. i. r. p. 密度は、-10dBm/MHz となる。
- ・ 自動車内に持ち込まれる 5.2GHz 帯無線 LAN 端末の e. i. r. p. 密度は、5.3GHz 帯無線 LAN の e. i. r. p. 密度よりも小さく、5.3GHz 帯無線 LAN の周波数共用条件に収まっていることから、これまでの制度化における共用検討等を踏まえると共用可能となる。

4.4.5 無線 LAN システム同士の共用検討

自動車内無線 LAN 同士の共用においては、通常の無線 LAN 同士の共用と同様に、電界強度レベルのキャリアセンス機能を具備することが適当である。

4.4.6 その他の無線システムとの検討

既述のシステムのほか、周波数を共用するシステムとして、アマチュア無線(5650~5850MHz)及び産業科学医療用(ISM)(5725~5875MHz)がある。

アマチュア無線(5650~5850MHz)は二次業務であり、無線 LAN を含む移動業務より劣位にある。このような条件の下で従来から 5.6GHz 帯で周波数を共用してきているが、特段の問題は生じていないため、大きな支障はなく共用可能と考えられる。

また、産業科学医療用(ISM)(5725~5875MHz)についても、周波数割当計画の国内周波数分配の脚注 J37 により周波数を共用する業務は ISM からの混信を容認する前提となっており、特段の共用検討は不要と考えられる。

以上により、アマチュア無線と ISM に関しては、特段の共用検討は不要と考えられる。

第 5 節 技術的条件の検討

4.5.1 自動車内に設置される 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムの一般的条件

自動車内に設置される 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムの使用にあたっては、令和 3 年度情報通信審議会一部答申に準ずることが適当である。

4.5.2 5.2GHz 帯無線システム自動車内持ち込み端末の一般的条件

4.5.2.1 周波数の使用条件

ア 親局

5.2GHz 帯無線システム自動車内持ち込み端末は子局として動作することを想定するため親局は規定しないことが適当である。

イ 子局

自動車内に設置される 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムに接続される条件下において、同一車内での利用を可能とし、e. i. r. p. は 200mW 以下とすることが適当である。

4.5.2.2 監視制御機能システム設計上の条件

監視制御機能システム設計上の条件は、以下のとおりとすることが適当である。

ア 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。

イ 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。

ウ 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。

エ 子局の制御

自動車内に設置される 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムにより子局の周波数チャンネル選択が制御されることが適当である。

オ 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。

4.5.2.3 その他の一般的条件

その他、5.2GHz 帯自動車内持ち込み端末の無線設備の使用にあたっては、平成 31 年度情報通信審議会一部答申の小電力データ通信システムの一般的条件に準ずることが適当である。

4.5.3 自動車内に設置される 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムの無線設備の技術的条件

自動車内に設置される 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムの無線設備の技術的条件は、令和 3 年度情報通信審議会一部答申の 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムに準ずることが適当である。

4.5.4 5.2GHz 帯自動車内持ち込み端末の無線設備の技術的条件

5.2GHz 帯自動車内持ち込み端末の無線設備の技術的条件は、平成 31 年度情報通信審議会一部答申の小電力データ通信システムの技術的条件に準ずることが適当である。

第 6 節 制度化に向けた諸課題

5.2GHz 帯自動車内持ち込み端末の無線設備の技術的条件は、5.2GHz 帯の小電力データシステムと同一となることから、技術基準適合証明及び工事設計認証は 5.2GHz 帯小電力データシステムと共通とすることが望ましい。

第5章 今後の検討課題

小電力データ通信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 現在検討が進められている 6425～7125MHz 帯の周波数共用検討においても、広帯域無線 LAN の導入を前提に共用条件等の検討がされることが適当である。
- 2 IEEE 等の国際動向や最新の技術動向等を注視するとともに、新たな利用ニーズ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。
- 3 小電力データ通信システムと同じ周波数の電波を使用する他の無線システムとの共用条件については、既存システムの利用方法の変更又は新規システムの参入等のように、当該周波数帯の電波環境の変化が生じる場合には、必要に応じて、当該共用条件の見直しを図ることが適当である。
- 4 DFS により周波数共用が行われている帯域に対して Preamble Puncturing で規定されるスペクトルマスクに規定されるレベル以下に干渉が制限されることを条件に Preamble Puncturing を用いた伝送形態を利用可能とするためには、puncturing ブロックの与干渉に関する技術的条件を改めて議論する必要がある。そして、将来 AFC による制御が必要となる場合の使用方法に対して Preamble Puncturing を用いた伝送形態を利用可能とする場合についても、同様に、puncturing ブロックの与干渉に関する技術的条件を改めて議論する必要がある。
- 5 子局間通信が運用可能となる LPI モード親局の信号強度の閾値、子局間通信運用中の親局の信号強度の確認頻度及び測定法については、今後、諸外国等の動向を注視し、必要に応じて見直しを行うことが適当である。
- 6 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムについては、5150～5250MHz 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。
- 7 令和3年度情報通信審議会一部答申において、我が国の自動車メーカー／車載機器メーカー等は、車載機においてマイナス利得の無線 LAN アンテナの

適用可能性はあるものの、実装上支障が生じることはないとの見解が示された一方、海外と国内の規定を一致させた場合、設計・製造の優位性がある点を考慮すべきとの要望もあることから、必要に応じて、マイナス利得のアンテナ適用等の可能性について議論を行うことが適当である。

- 8 令和4年度に「無線 LAN 等の欧米基準試験データの活用の在り方に関する検討会」が開催され、2.4GHz 帯の小電力データ通信システムの技術的条件について、日欧米における無線 LAN 等の認証に必要な技術的条件、試験項目、測定法等の比較検討及び欧米基準の無線試験データ活用等による日本の試験項目や測定法の見直しの方向性について検討が行われ、いくつかの技術基準については削除可能である、という報告が取りまとめられた³⁴。5GHz 帯及び 6GHz 帯小電力データ通信システムについても、2.4GHz 帯と同様の技術基準が規定されている項目については、当該検討会同様に、削除可能な技術基準の見直しを行うことが望ましい。

³⁴ 総務省報道資料「無線 LAN 等の欧米基準試験データの活用の在り方に関する検討会」報告書の公表，令和5年3月27日。

出典 https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban16_02000308.html

V 検討結果

陸上無線通信委員会は、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「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」及び「無線 LAN システムの高度化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 LAN システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」及び「無線 LAN システムの高度化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 「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」

1 一般的条件

(1) 無線周波数帯

5925～6425MHz 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
20MHz 以下の場合	5955MHz、5975MHz、5995MHz、 6015MHz、6035MHz、6055MHz、 6075MHz、6095MHz、6115MHz、 6135MHz、6155MHz、6175MHz、 6195MHz、6215MHz、6235MHz、 6255MHz、6275MHz、6295MHz、 6315MHz、6335MHz、6355MHz、 6375MHz、6395MHz、6415MHz
20MHz を超え 40MHz 以下の場合	5965MHz、6005MHz、6045MHz、 6085MHz、6125MHz、6165MHz、 6205MHz、6245MHz、6285MHz、 6325MHz、6365MHz、6405MHz
40MHz を超え 80MHz 以下の場合	5985MHz、6065MHz、6145MHz、 6225MHz、6305MHz、6385MHz
80MHz を超え 160MHz 以下の場合	6025MHz、6185MHz、6345MHz
160MHz を超え 320MHz 以下の場合	6105MHz、6265MHz

(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

ア 最大等価等方輻射電力が 25mW 以下の無線局

屋内及び屋外（上空を除く。）での使用を可能とする。

- イ 最大等価等方輻射電力が 25mW を超え 200mW 以下の無線局
屋内及び屋外（列車内、船舶内及び航空機内に限る。）での使用を
可能とする。

- (5) 伝送速度（周波数利用効率）
以下のとおりであること。

占有帯域幅	伝送速度
20MHz 以下の場合	20Mbps 以上
20MHz を超え 40MHz 以下の場合	40Mbps 以上
40MHz を超え 80MHz 以下の場合	80Mbps 以上
80MHz を超え 160MHz 以下の場合	160Mbps 以上
160MHz を超え 320MHz 以下の場合	320Mbps 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 幅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。）であること。
- (9) 監視制御機能システム設計上の条件
 - ア 誤り訂正機能
義務づけない。
 - イ 監視制御機能
監視制御機能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。
 - ウ システム設計上の条件

違法使用を防止するための対策のため、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）は容易に開けることができない構造であること。

(10) 隣接チャネル漏えい電力

6GHz 帯における 320MHz 幅チャネルの隣接チャネル領域は、一部が帯域（5925-6425MHz）の外側に位置することから、規定しないことが適当である。

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 以下の場合	20MHz
20MHz を超え 40MHz 以下の場合	40MHz
40MHz を超え 80MHz 以下の場合	80MHz
80MHz を超え 160MHz 以下の場合	160MHz
160MHz を超え 320MHz 以下	320MHz

ウ 空中線電力

以下のとおりであること。

占有周波数帯幅	空中線電力 (LPI モード)	空中線電力 (VLP モード)
20MHz 以下	10 mW/MHz 以下	10 mW/MHz 以下
20MHz を超え 40MHz 以下	5 mW/MHz 以下	5 mW/MHz 以下
40MHz を超え 80MHz 以下	2.5 mW/MHz 以下	2.5 mW/MHz 以下
80MHz を超え 160MHz 以下	1.25 mW/MHz 以下	1.25 mW/MHz 以下
160MHz を超え 320MHz 以下	0.625mW/MHz 以下	0.625mW/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 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 (LPI モード)	等価等方輻射電力 (VLP モード)
20MHz 以下	10 mW/MHz 以下	1.25 mW/MHz 以下
20MHz を超え 40MHz 以下	5 mW/MHz 以下	0.625 mW/MHz 以下
40MHz を超え 80MHz 以下	2.5 mW/MHz 以下	0.3125 mW/MHz 以下
80MHz を超え 160MHz 以下	1.25 mW/MHz 以下	0.15625 mW/MHz 以下
160MHz を超え 320MHz 以下	0.625mW/MHz 以下	0.078125mW/MHz 以下

カ 送信空中線

特段規定しない。

キ 隣接チャネル漏えい電力等

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等
20MHz 以下	搬送波の周波数から 20MHz 及び 40MHz 離れた周波数の±10MHz 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±20MHz 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 及び 160MHz 離れた周波数の±40MHz 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
80MHz を超え 160MHz 以下	搬送波の周波数から 160MHz 及び 320MHz 離れた周波数の±80MHz 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

ク 周波数チャネル当たりのスペクトラム特性

特段規定しない。

ケ 不要輻射の強度

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は、以下のとおりであること。

a 帯域外領域

帯域外領域は、5925MHz 未満及び 6425MHz 以上であること。

b 不要発射の強度の許容値

i 最大等価等方輻射電力が 25mW を超え 200mW 以下の無線局の無線設備

占有周波数帯幅	基本周波数	周波数帯	不要発射の強度の許容値 (任意の 1MHz の帯域幅における等価等方輻射電力)	基準チャネルからの差の周波数
20MHz 以下	5955MHz	5925MHz 以下	2 μ W 以下	30MHz 以上
	6415MHz	6425MHz 以上 6435.9MHz 未満	50 μ W 以下	10MHz 以上 25.9MHz 未満
		6435.9MHz 以上	12.5 μ W 以下	25.9MHz 以上
20MHz 超え 40MHz 以下	5965MHz	5925MHz 以下	2 μ W 以下	40MHz 以上
	6405MHz	6425MHz 以上 6440.1MHz 未満	50 μ W 以下	20MHz 以上 35.1MHz 未満
		6440.1MHz 以上	12.5 μ W 以下	35.1MHz 以上
40MHz 超え 80MHz 以下	5985MHz	5925MHz 以下	2 μ W 以下	60MHz 以上
	6385MHz	6425MHz 以上 6440.4MHz 未満	50 μ W 以下	40MHz 以上 55.4MHz 未満
		6440.4MHz 以上	12.5 μ W 以下	55.4MHz 以上
80MHz を超え 160MHz 以下	6025MHz	5925MHz 以下	2 μ W 以下	100MHz 以上
	6345MHz	6425MHz 以上 6425.5MHz 未満	50 μ W 以下	80MHz 以上 80.5MHz 未満
		6425.5MHz 以上	12.5 μ W 以下	80.5MHz 以上
160MHz を 超え 320MHz 以下	6105MHz	5925MHz 以下	2 μ W/MHz 以下	180MHz 以上
	6265MHz	6425MHz 以上 6425.7MHz 未満	50 μ W/MHz 以下	160MHz 以上 160.7MHz 未満
		6425.7MHz 以上	12.5 μ W/MHz 以下	160.7MHz 以上

ii 最大等価等方輻射電力が 25mW 以下の無線局の無線設備

占有周波数帯幅	基本周波数	周波数帯	不要発射の強度の許容値 (任意の 1MHz の帯域幅における等価等方輻射電力)	基準チャネルからの差の周波数
20MHz 以下	5955MHz	5925MHz 以下	0.2 μ W 以下	30MHz 以上

	6415MHz	6425MHz 以上 6425.5MHz 未満 6425.5MHz 以上	50 μ W 以下 12.5 μ W 以下	10MHz 以上 10.5MHz 未満 10.5MHz 以上
20MHz 超え 40MHz 以下	5965MHz	5925MHz 以下	0.2 μ W 以下	40MHz 以上
	6405MHz	6425MHz 以上 6425.4MHz 未満 6425.4MHz 以上	50 μ W 以下 12.5 μ W 以下	20MHz 以上 20.4MHz 未満 20.4MHz 以上
40MHz 超え 80MHz 以下		5985MHz	5925MHz 以下	0.2 μ W 以下
	6385MHz	6425MHz 以上 6425.2MHz 未満 6425.2MHz 以上	50 μ W 以下 12.5 μ W 以下	40MHz 以上 40.2MHz 未満 40.2MHz 以上
80MHz を超え 160MHz 以下		6025MHz	5925MHz 以下	0.2 μ W 以下
	6345MHz	6425MHz 以上 6425.1MHz 未満 6425.1MHz 以上	50 μ W 以下 12.5 μ W 以下	80MHz 以上 80.1MHz 未満 80.1MHz 以上
		6105MHz	5925MHz 以下	2 μ W/MHz 以下
160MHz を超え 320MHz 以下	6265MHz	6425MHz 以上	12.5 μ W/MHz 以下	160MHz 以上

コ 帯域外漏えい電力

320MHz 幅チャネルについても、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。

(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：4 nW 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)のシステム設計上の条件に適合すること。

(4) 混信防止機能等

以下のとおりであること。

ア 送信バースト長は 8 ms 以下とすること。

イ 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。

ウ 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 100 mV/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。

エ 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 6GHz 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。

② 「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち
「LPI 子局間通信に係る技術的条件」

1 一般的条件

(1) 周波数の使用条件

アクセスポイントが設置される条件下において、6GHz 帯無線 LAN における LPI モードにおける周波数の使用条件に準じて、周波数の使用を屋内に限定すること。

(2) その他

その他、LPI 子局間通信を行う 6GHz 帯小電力データ通信システムの無線局の使用にあたっては、①6GHz 帯小電力データ通信システムの無線局の一般的条件に準ずること。

2 技術的条件

(1) 信号強度検知機能

LPI 子局間通信を行う無線設備は、LPI 親局の信号を検知しその強度を測定できる機能を具備すること。

LPI 子局間通信は、LPI 親局の信号強度が -95dBm/MHz 以上である場合のみに実行できるものとし、LPI 親局の信号強度は 4 秒以下の間隔で確認すること。

LPI 親局の信号強度が -95 dBm/MHz 未満である場合は、直ちに LPI 子局間通信のための電波の送信を停止すること。

(2) その他

その他の技術的条件は、① 2 の 6GHz 帯小電力データ通信システムの技術的条件のうち、等価等方輻射電力が 25mW を超え 200mW 以下の無線設備の技術的条件に準ずること。

3 測定法

国内で 6GHz 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他、LPI 子局における子局間通信機能については、以下のとおりとすることが適当である。

(1) 空中線測定端子付きの場合

各空中線端子にて、LPI モード親局の送信する試験信号を -95dBm/MHz 未満の信号強度で入力し、LPI モード子局における子局間通信が開始されないことを確認すること。LPI モード親局の送信する試験信号の信号強度を徐々に増加させ、 -95dBm/MHz 以上において LPI モード子局における子局間通信が起動することを確認すること。子局間通信が起動したのち、LPI モード親局の送信する試験信号を -95dBm/MHz 未満の信号強度に減衰させ、4 秒以内に LPI モード子局における子局間通信がオフになることを確認すること。

(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 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①と同様にして測定すること。この場合において、

被測定対象機器が大きい場合は、遠方界条件を考慮のうえ測定距離を延ばすことが望ましい。

イ 空中線ごとに測定することが困難な場合

ア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、アを適用しないこと。この場合においては、(1)と同様にして測定すること。

③ 「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」のうち
「5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムの子局の技術的条件」

1 一般的条件

5.2GHz 帯小電力データ通信システムを自動車内に持ち込んで使用する場合の一般的条件は次のとおりであること。

周波数の使用条件は、自動車内に設置される 5.2GHz 帯自動車内無線 LAN システムの無線局から制御を受けて通信する条件下において、自動車内で利用を可能とする。

その他、平成 31 年度情報通信審議会一部答申の 5.2GHz 帯小電力データ通信システムの技術的条件に準ずること。

2 技術的条件

5.2GHz 帯小電力データ通信システムを自動車内に持ち込んで使用する場合の無線設備の技術的条件は、平成 31 年度情報通信審議会一部答申の 5.2GHz 帯小電力データ通信システムの技術的条件に準ずること。

別表 1 陸上無線通信委員会 構成員

(令和5年4月3日現在 敬称略)

	氏名	主要現職
主査 専門委員	三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
主査代理 専門委員	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	東京工業大学 環境・社会理工学院 学院長／教授
	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PF 開発統括部長
	飯塚 留美	一般財団法人マルチメディア振興センター ICT リサーチ&コンサルティング部 シニア・リサーチディレクター
	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
	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
	高尾 義則	一般社団法人 日本アマチュア無線連盟 会長
	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
	福家 裕	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
	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 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
	吉田 貴容美	日本無線株式会社 シニアエキスパート
	吉田 奈穂子	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員

別表2 5.2GHz帯及び6GHz帯無線LAN作業班 構成員

(敬称略：主任及び主任代理以外は五十音順、令和5年7月6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
	石毛 隆志	東京都 総務局 総合防災部 防災通信課 統括課長代理 (～令和5年3月)
	石田 和人	フェイスブックジャパン (株) コンサルタント
	井原 伸之	(株) フジテレビジョン 技術局 技術戦略部 部長
	大島 佳介	(一社) 日本民間放送連盟 企画部 主事
	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
	柿木 誠二	海上保安庁 情報通信課システム整備室 専門官 (～令和5年3月)
	木村 亮太	ソニーグループ (株) R&Dセンター ワイヤレス技術第1課 統括課長
	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 (令和5年4月～)
	黒澤 稔	国土交通省 大臣官房 技術調査課 電気通信室 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 アシスタントマネージャー
	小林 佳和	日本電気 (株) インフラテックセールス統括部 シニアプロ
	坂本 信樹	日本電信電話 (株) 技術企画部門 電波室 室長 (令和5年7月～)
	城田 雅一	クアルコムジャパン (同) 標準化本部長
	高田 潤一	東京工業大学 環境・社会理工学院 教授
	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
	田中 和也	KDDI (株) 技術戦略本部 電波部 電波政策グループ グループリーダー (～令和5年6月)
	中川 善克	インテル (株) 政策渉外部 日本担当ダイレクタ (～令和4年12月)
	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
	野坂 雅樹	海上保安庁 情報通信課システム整備室 専門官 (令和5年4月～)
	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
	福家 裕	日本電信電話 (株) 技術企画部門 電波室 室長 (～令和5年6月)
	藤本 昌彦	シャープ (株) 研究開発本部 副本部長
	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 エキスパート (令和5年6月～)

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）
前田 規行	（株）NTT ドコモ 電波企画室 電波技術担当課長
三島 安博	Apple Japan, Inc. Wireless Design Regulatory Engineer
柳下 勇一	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
安江 仁	電気事業連合会 情報通信部 副部長
柳澤 尚紀	警察庁 長官官房 通信基盤課 課長補佐

参考文献

- [1] IEEE P802.11be/D3.0
- [2] 令和4年度情報通信審議会一部答申「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「6GHz帯無線LANの導入のための技術的条件」(R4.4.19)
- [3] 平成18年度情報通信審議会一部答申「5GHz帯の無線アクセスシステムの技術的条件」のうち「高速無線LANの技術的条件」(H18.12.21)
- [4] 平成24年度情報通信審議会一部答申「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「次世代高速無線LANの導入のための技術的条件」(H24.11.28)
- [5] 平成31年度情報通信審議会一部答申「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「次世代高効率無線LANの導入のための技術的条件」(H31.4.26)
- [6] ARIB STD-T71
- [7] ITU-R Recommendation P.1238-11
- [8] FCC 85 FR 31390
- [9] ECC Decision (20)01
- [10] RESOLUTION 229 (REV.WRC-19)
- [11] CPET「ECC/DEC/(04)08」
- [12] ITU-R Recommendation M.1454-0
- [13] ITU-R Recommendation M.2292-0
- [14] 平成16年度情報通信審議会一部答申「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等」(H16.11.29)
- [15] ITU-R Recommendation SA.1632
- [16] 「無線LAN等の欧米基準試験データの活用の在り方に関する検討会」報告書(R5.3.27)