

6GHz帯無線LANの周波数共用検討状況について (令和4年度調査・検討結果の概要)

令和5年4月13日

(一財) 電波技術協会

■ 6GHz帯無線LANに関する国際動向（1／4）

6GHz帯無線LANの制度化状況

【電力レベル別の制度化状況】

○ 電力レベルは3つに区分

①標準電力（Standard Power : SP）

②低電力屋内（Low Power Indoor : LPI）

③超低電力（Very Low Power : VLP）

○ 現行規定では、米国は③が、欧州は①に関する規定がなく、現在検討中。

○ 欧州のナローバンド（NB）対応は、③において制度化済みで、チャネル帯域幅20MHz未満で、周波数ホッピングが要件。豪州もNB（6GHz帯低域）の導入が検討中。

○ クライアントデバイス（CD）間通信（C2C）は、欧州は②のアクセスポイント（AP）制御下で可能である一方、米国は全て不可で、現在検討中。

	①SP 標準電力	②LPI 低電力屋内	③VLP 超低電力
米国	○	○	検討中
欧州	検討中	○	○

米国での検討状況

VLP	FCC（連邦通信委員会）が2020年4月に追加意見募集を開始。無線LAN業界による、6105MHz以上のチャネルで優先的に動作する新たなVLPデバイスの提案に対して、放送業界は同帯域をENGを含む免許局で使用していることから反対。
C2C	FCCが2021年1月に公開諮問を開始。無線LAN業界はLPIのAP制御下でのC2Cを認めるよう提案する一方、放送業界はモバイルサービスへの利用及び6105MHz以上でのC2Cを認めるべきではないとして反対。

欧州での検討状況

SP	ダイナミック周波数アクセス（DSA）調整機能の実装を前提とした、最大4W e.i.r.p.の高出力運用の検討が2022年11月に開始。
----	---

■ 6GHz帯無線LANに関する国際動向（2／4）（技術的条件の国際比較）

項目		米国	欧州	英国	豪州	韓国
根拠規定		FCC規則パート15（無線周波数デバイス）サブパートE（U-NIIデバイス）	欧州委員会実施決定（EU）2021/1067 ECC/DEC/(20)01 Draft ETSI EN 303 687 V1.0.0 (2022-04)	IR 2030（UKインターフェース要件2030：免許免除SRD）	無線通信（低干渉可能性デバイス）クラス免許2015（2022年3月5日一部改正）	申告せずに開設できる無線局の無線設備の技術基準（科学技術情報通信省告示第2022-20号）
周波数帯（MHz）		5925-6425：U-NII-5（LPI/SP） 6425-6525：U-NII-6（LPI） 6525-6875：U-NII-7（LPI/SP） 6875-7125：U-NII-8（LPI）	5945-6425	5925-6425	5925-6425	5925-7125
最大 e.i.r.p.	SP	AP及び固定クライアント ：36 dBm CD：30 dBm	－	－	－	－
	LPI	AP：30 dBm CD：24 dBm	23 dBm	250mW [24dBm]	250mW [24dBm]	24 dBm（160MHz幅を電力密度2 dBm/MHzで送信した場合で計算）5925-7125MHz（屋内） 5925-6425MHz（地下鉄のみ）
	VLP	－	14 dBm	屋内・移動体屋外：25mW [14dBm]	25mW [14dBm]	5925-6425MHz：14 dBm
最大 e.i.r.p. 電力密度	SP	AP及び固定クライアント ：23 dBm/MHz CD：17 dBm/MHz	－	－	－	－
	LPI	AP：5 dBm/MHz CD：－1 dBm/MHz	10 dBm/MHz	12.6mW/MHz [11dBm/MHz]	12.5mW/MHz [11dBm/MHz]	2 dBm/MHz 5925-7125MHz（屋内） 5925-6425MHz（地下鉄のみ）
	VLP	－	1dBm/MHz	規定なし	1.25mW/MHz [1dBm/MHz]	1dBm/MHz以下
チャンネル帯域幅		320MHz以下	160MHz以下 NBデバイス：20MHz未満	規定なし	規定なし	160MHz以下（占有周波数帯域幅）
干渉軽減機能		コンテンションベースのプロトコルの実装	適切な周波数共有メカニズムの実装（LBT等） NBデバイス：周波数ホッピング	5150-5250MHz 帯の指定規格と同等の周波数アクセス及び干渉軽減技術を使用	コンテンションベースのプロトコルの実装(CSMA、MACA等)	LBT
AP制御下のC2C通信		不可(固定クライアントデバイス除く)	可能（LPI）	規定なし	規定なし	規定なし

■ 6GHz帯無線LANに関する国際動向（3／4）（直近の動き）

6GHz高域の配分をめぐる動き

- 現状では、WRC-23での議論の結果、IEEE 802.11beの規格化、IMTやWi-Fiの需要見込み、機器の標準化などを踏まえ、多くの国において、柔軟に対応する姿勢。
- ロシアや中国はIMTへの特定を支持する一方、EUは2024年以降に配分方針を提示。

CEPT SE 45での検討状況

- 6GHz高域への帯域拡張について継続検討し、固定業務の保護についてSE 19とさらに調整。
- DSA調整機能を実装した、6GHz低域での高出力（最大4W e.i.r.p.）運用の検討を開始。

AFCシステムの検討状況

- 米国は、2022年11月にAFCシステムを運用する13社を条件付きで認可し、2023年第一四半期末に商用化の見通し。カナダは2022年12月にAFCシステムの仕様が発表、AFCオペレーターの募集が開始される見通し。
- 韓国、サウジアラビア、CEPT、ブラジル、豪州などでも導入に向けて検討中。

米国におけるFCCと利害関係者間での議論

- 公益事業や公共安全の分野から、LPI APやVLPによる干渉懸念が提示。
- AFCの代替手段として、固定マイクロ業務における周波数調整手続きを用いることが提案。
- LPI機器やLPIアクセスポイントの出力引き上げや、VLP機器の運用の許可について要請。
- 無線LANと固定業務の干渉検討において、干渉確率の分析や用いられるモデルについて比較検討。

■ 6GHz帯無線LANに関する国際動向(4/4) (IEEE 802.11会合情報)

カテゴリ	規格概要・議論事項	議論状況 等
TGbe Task Group be : Extremely High Throughput (EHT)	・スループット30Gb/s以上、最悪ケースでの遅延・ジッタの改善 ・対象帯域は1～7.250GHz、802.11axの～7.125GHzから拡張。2.4GHz, 5GHz, 6GHz帯 での後方互換の保証 ・広帯域化…11axは160 MHz ⇒ 320 MHz ・高MCS化…11axは1024-QAM ⇒ 4096-QAM ・Resource Unit (RU)割り当て…11axは1 STA 1 RU ⇒ 1 STAに複数RU – Multi-RU (MRU) ・複数のリンクを用いたパラレル伝送 – Multi-Link (ML)	・選択再送方式でのマルチリンク(ML)特有の問題に対処するテキスト(22/1336)合意 ・Release 1、Release 2識別の削除提案(22/1679)合意 ・STAが20MHzより細かい粒度でCCA行い、パンクチャ送信する提案リジェクト(22/1741) ・マルチリンクによる遅延・ジッタ改善をシミュレーションで確認(22/1348) ・ドラフトD3.0に対する第2回Letter ballot(LB) が実施 (本年1/30～3/2) され承認ラインの75%を超過。(今後、Recirculation LBに進める予定)
UHR SG Ultra High Reliability Study Group	(議論事項) ・無線LAN接続の信頼性向上 ・低遅延化 ・管理性向上 ・スループット改善(SNRレベルに応じた改善を含む) ・低消費電力化	・Task Group立ち上げ文書に産業IoTなど遅延・ジッタ要求の高いユースケースを盛り込む提案(22/1919)合意 ・TGbeから検討持ち越しになった、MAP (Multi-AP Coordination : 複数AP連携)への関心 ・TGbeのマルチリンクを拡張することに関心 ・シームレスローミングへ拡張する提案など。42.5～71GHzミリ波帯も加え、既存ミリ波をリデザインする提案に関しては、新たなSG (IMMW) として11月から活動する予定 ・規格策定を行うTask Groupの立ち上げを行う (2023年11月からの活動開始が見込まれている)

■ 無線LANに関する国内ベンダー等の対応動向等（1 / 2）

国内のベンダー等に対してアンケート（一次）を実施し、アンケート結果から抽出した準備状況や課題、国際標準規格やAFC等の関心度を個別ヒアリング（二次）で具体的に紐解くことで、6GHz帯無線LAN機器の動向や国際標準規格やAFCの考え方、無線LANの高度化に関する将来予測・課題を整理する。

アンケート調査（一次調査）の実施概要

- ・ 実施時期 : 令和4年9月26日～ 同年10月7日
- ・ 調査手法 : メールによる調査
- ・ 回答対象者 : 6事業者
- ・ 回答者数 : 6事業者

➤ アンケート調査の設問内容

- ① 無線LAN機器の現状と課題について **【カテゴリ1】**
(6GHz無線LANの市場投入計画、見通し、技術的課題 等)
- ② 無線LAN機器の市場投入について **【カテゴリ2】**
(SPモードによる無線LAN機器実現への期待度、制度的課題 等)
- ③ 外部要因について **【カテゴリ3】**
(IEEE 802.11beの規格化案を含め、新たな規格へ追従していく上での課題 等)
- ④ 無線LAN高度化について **【カテゴリ4】**
(国内での現行制度に基づくLPI/VLPモード対応の無線LAN機器の市場投入時期、開発に向けた技術的課題 等)

アンケートの回答例（カテゴリ別）

【カテゴリ1】

- ・ 6GHz帯無線LAN機器の市場投入時期は、概ねR4～R5年前半と見込まれる。
- ・ 諸外国に比べ帯域外不要輻射の技術基準値が厳しい。
- ・ 海外では既製品であっても、国内での市場投入にはハードルがある。
- ・ 6GHz帯対応機器に於ける人体への電波防護に関する評価方法の明確化が必要。

【カテゴリ2】

- ・ 広帯域、高速通信・低遅延により、活用の幅が広がることへの期待度は大きい。
- ・ SPモードはDFS不要、周波数的に安定な上に高出力・屋外使用が大いに魅力。
- ・ AFCシステムの構築が課題。
- ・ 6425-7125MHzでの無線LANの利用に向けて、早期の制度化を希望する。

【カテゴリ3】

- ・ 広帯域幅を活用し、C2C通信や5G/ローカル5Gを補間・代替機としてのソリューションとして期待されている。
- ・ AFCシステムの実現が困難な場合には、登録局制度を用いることも考えられる。
- ・ 既存無線システムへの影響を最小限にするための、シングルエントリーによる所要離隔距離の具体的な計算方法の検討が必要。
- ・ 民間によるAFCシステム運用事業を許容する制度が望ましい。
- ・ AFCシステムの構築には、情報提供及び情報の扱いの面で中立な立場が望ましい。

【カテゴリ4】

- ・ 仕様変更のたびに制度改正が必要とならないような制度を望む。
- ・ LPIモードにおけるC2C通信を検討課題とすることを希望。
- ・ マイナスゲインのアンテナも想定した技術基準への拡張を望む。

■ 無線LANに関する国内ベンダー等の対応動向等（2 / 2）

ヒアリング調査（二次調査）の実施概要

- 実施時期 : 令和5年1月26日 ~ 同年1月31日
- 調査手法 : 対面もしくはリモート形式での調査
- 対象者 : 5事業者
- 対応社数 : 4事業者

➤ ヒアリング調査の設問内容（リモート形式又は訪問ヒアリング）

- ① 無線LAN機器に関して【カテゴリ1】
（6GHz無線LAN機器の市場でのトレンド化に向けた方策 等）
- ② SPモードに関して【カテゴリ2】
（SPモードに求められるスペック 等）
- ③ AFCに関して【カテゴリ3】
（システムの運用体制を検討する場合、求めたい事項 等）
（国による制度整備が必要となった場合、求めたい事項 等）

ヒアリングの回答例（カテゴリ別）

【カテゴリ1】

- ・ 今後の無線LAN機器は、ハイエンドの製品から6GHz帯までをサポートするトライバンド、デュアルバンドになり、身近で使用するモバイル機器に搭載されていると考えられる。
- ・ 320MHz帯域の解放と複数ユーザーでの同時利用が可能になると考えられる。

【カテゴリ2】

- ・ 屋外において、安定利用出来る広帯域幅や等価等方輻射電力(e. i. r. p.)が最大1W(30dBm)の高出力を望んでいる。

【カテゴリ3】

- ・ AFCシステムで使用される制御用プロトコルや他システムとの干渉許容条件等については、他地域とのハーモナイゼーションを考慮した制度整備を希望する。
- ・ AFCシステムの運用体制については、公益機関が利用者に対してシステムを利用できるようにすることが望ましいと考える。
- ・ AFCの運用面では、複数の既設の無線システムの情報の秘匿性の維持や周波数共用の公平性、透明性、トラブル発生時の対応能力を望む。

■ 6 GHz帯無線LANと既存システムとの周波数共用検討結果（1 / 5）

SP※モードによる無線LANとの干渉検討結果

※ SP : Standard Power（本周波数共用検討においては、最大36dBmで検討。）

<対：固定局との干渉検討>

1 シミュレーション結果

(1) シングルエントリーによる干渉検討

6425-7125MHz帯のうち、放送業務用固定局及び一般・公共業務用固定局との干渉検討を先行的に実施。

⇒ 干渉許容値（I/N）を-10dBとしてシングルエントリーにてシミュレーション検討（ヒートマップを作成）した結果、ポアサイト内またはその近傍では干渉許容値を満足しないために、無線LANからの影響が出る可能性があることが分かった。

干渉許容値を満足しない場所であっても、米国が先行導入の動きのあるAFC（自動周波数調整）の機能（電力低減またはチャンネル変更）を適用することにより、干渉許容値を満足する可能性が出てくる。

(2) 無線LANからの保護エリアを求めるための算出に用いるための2つの電波伝搬モデルを比較・検討

⇒ これまで国内でよく用いられているITU-R P.452-16とITM(Irregular Terrain Model) の2つのモデルをシミュレーションにより比較・検討を行った結果、大きな違いは表れなかった。これにより、国内で類似の算出において使用実績の多いITU-R P.452-16を用いることが適当との判断に至った。（以後、干渉検討については、本モデルを用いて実施。）

2 検証試験の実証

無線LANまたはCWの送信地点を被干渉側から約4km圏内に計37箇所設け、被干渉側の受信地点で受信電力を測定。

⇒ 電波伝搬の算出を「Suburban」で行った場合、計算値より実測値が上回る（+0.22～+55.17dB）結果となった測定地点が、全体の9割弱あった。これとは逆に、「Rural」で行った場合には、計算値より実測値が下回る（-0.01～-44.52dB）結果となった測定地点が同じく9割弱あり、計算値に近い所とそうでない所が入り混じった結果が得られた。

<対：静止衛星アップリンク回線との共用検討>

静止衛星のアップリンク回線に対する干渉検討については、昨年度に実施した「6 GHz帯における無線LANの周波数拡張の検討に資する調査(以下、「昨年度の調査検討」いう。）」の中で、SPモードまで含めて検討を実施した結果、共用可能との結果が得られている。

■ 6 GHz帯無線LANと既存システムとの周波数共用検討結果（2 / 5）

SPモードによる無線LANとの干渉検討結果

<対：電波天文との干渉検討>

和歌山局を対象に、シミュレーション検討として、AFCの適用を前提に、干渉許容値 [-177dBm/10MHz (ITU-R RA.769-2 に準拠)] を満足するContourを作成・評価した結果、電波天文台から一定の距離以外においては、無線LANが運用できる可能性のあることが分かった。

<備考>

電波天文との共用検討においては、昨年度の調査検討結果の中で、「電波天文が使用する帯域（6650-6675.2MHz）については使用しないことが望ましい。」との結論に至っていた。

<検討未了事項>

- ・本検討においては、固定局を先行的に実施していたものであり、移動局（放送業務用 F PU）との共用検討は未了である。
- ・AFCについては、現存するシステムではないこと、本調査検討においても実機を用いた干渉の影響に関する検証試験などは実施していないため、机上検討での結論に留まっている。



（今後の技術的課題）

SPモードによる無線LANについては、AFCを適応することにより干渉許容値を満足する場合、共用の可能性があると考える。

このため、本件の見極めについては、今後、AFCシステムの試験環境を構築の下、検証試験の実施などを交えて、総合的に検討・評価を行っていくことが適当と考える。

■ 6 GHz帯無線LANと既存システムとの周波数共用検討結果（3 / 5）

現時点で考えられるAFCの技術的要件を、草案として以下のとおり取りまとめた。

内 容			
(1)	概要		
	AFCは、6GHz帯無線LANのSPモードが既存の無線局（免許局）、電波天文業務に対して有害な干渉を与えないためのシステムである。AFCの主な機能は次のとおり。 ・ AFCは、SPモードの6GHz帯無線LANから受領した問い合わせに対して、主管庁の提供する既存の無線局（免許局）のデータベース、保護対象の電波天文台のアンテナ高・位置等情報、その6GHz帯無線LAN機器の位置情報及び地形情報を参照し、既定の評価基準に基づき周波数チャネルごとの使用可否及び最大送信出力を導出し、これを無線LAN側に通知する。 〔 無線局（免許局）が新設または無線局の運用が変更・終了した場合には、当該情報が主管庁のデータベースに登録される。〕 〔 これにより、無線局（免許局）の運用形態が変更された場合であっても有害な干渉が発生しないことが維持される。〕 ・ SPモードの6GHz帯無線LAN機器は、AFCからの許容情報の範囲内において使用が可能となる。		
(2)	対象周波数		
	AFCの対象周波数 : 5925 – 6425 MHz、6570 – 6870 MHz		
(3)	SPモードデバイスの技術的要件（送信出力）		
	<table border="1"> <tr> <td> ・ アクセスポイント(AP) 送信出力：e.i.r.p. 36 dBm (空中線電力 30dBm)以下 PSD：23 dBm/MHz以下 </td><td> ・ 端末(STA) 送信出力：e.i.r.p. 30 dBm (空中線電力 23dBm)以下 PSD：17 dBm/MHz以下 </td></tr> </table>	・ アクセスポイント(AP) 送信出力：e.i.r.p. 36 dBm (空中線電力 30dBm)以下 PSD：23 dBm/MHz以下	・ 端末(STA) 送信出力：e.i.r.p. 30 dBm (空中線電力 23dBm)以下 PSD：17 dBm/MHz以下
・ アクセスポイント(AP) 送信出力：e.i.r.p. 36 dBm (空中線電力 30dBm)以下 PSD：23 dBm/MHz以下	・ 端末(STA) 送信出力：e.i.r.p. 30 dBm (空中線電力 23dBm)以下 PSD：17 dBm/MHz以下		
(4)	電波伝搬モデル		
	<table border="1"> <tr> <td> 電波伝搬モデルは以下を採用する。 距離（d）を以下の距離区分でそれぞれが計算される。 d ≤ 30m ：自由空間モデル 30m < d ≤ 1km ：WINNER II model (電波天文ではITU-R P.452-16とITU-R P.452-16のClutterを組み合わせで計算) </td><td> 1km < d ：ITU-R P.452-16と以下を組み合わせ計算、 ・ Urban・suburbanはITU-R P.2108 ・ ruralはITU-R P.452-16のClutter </td></tr> </table>	電波伝搬モデルは以下を採用する。 距離（d）を以下の距離区分でそれぞれが計算される。 d ≤ 30m ：自由空間モデル 30m < d ≤ 1km ：WINNER II model (電波天文ではITU-R P.452-16とITU-R P.452-16のClutterを組み合わせで計算)	1km < d ：ITU-R P.452-16と以下を組み合わせ計算、 ・ Urban・suburbanはITU-R P.2108 ・ ruralはITU-R P.452-16のClutter
電波伝搬モデルは以下を採用する。 距離（d）を以下の距離区分でそれぞれが計算される。 d ≤ 30m ：自由空間モデル 30m < d ≤ 1km ：WINNER II model (電波天文ではITU-R P.452-16とITU-R P.452-16のClutterを組み合わせで計算)	1km < d ：ITU-R P.452-16と以下を組み合わせ計算、 ・ Urban・suburbanはITU-R P.2108 ・ ruralはITU-R P.452-16のClutter		
(5)	固定マイクロシステムの干渉保護に対する技術的要件		
1)	シングルエントリーによる評価		
2)	干渉保護基準 : I/N = -10 dB		
(6)	電波天文の干渉保護に対する技術的要件		
1)	シングルエントリーによる評価		
2)	干渉保護基準はITU-R RA.769-2に準拠		

■ 6 GHz帯無線LANと既存システムとの周波数共用検討結果（4 / 5）

LPI/VLPモードによる無線LANとの干渉検討結果

<対：固定局との干渉検討>

1 シミュレーション結果（無線LANの出力値：LPIモード：23dBm、VLPモード：14dBm）

シングルエントリーによる干渉検討

6425-7125MHz帯のうち、放送業務用固定局及び一般・公共業務用固定局との干渉検討を先行的に実施。

- ⇒ 放送業務用固定回線については、全国の実回線のうち、干渉の影響を受けやすいと考えらえる回線（38回線）に対し干渉量（I/N）を算出した結果、干渉許容値（I/N = -10dB）を満足しない回線が複数あることが分かった。
- ⇒ 干渉許容値（I/N）を満足しない場合でも、この干渉により直ちに当該回線に影響を及ぼすものではないとの考えの下、一部の回線（放送業務用 1 回線）について、更に回線瞬断率まで算出し、電波法関係審査基準に基づく回線瞬断率規格を満足しているかについて詳細検討を行った。
その他干渉（異経路干渉）が全く含まれていない条件では、所要区間瞬断率を満たすことを示す結果となっている。その他干渉（異経路干渉）の影響については、さらに考慮が必要である。
- ⇒ 無線LANによる干渉量を加えた回線瞬断率の算出手法について、放送事業関係者からは、以下に示す旨の見解が示された。
回線設計上での回線瞬断率の算出に用いられた総合干渉量（C/I）は、全ての干渉量が反映されているものではないため、現時点では本結果をもって共用の可能性を判断することが出来ない。

2 検証試験の実施

複数の無線LANが複数台同時に運用された場合、無線LANからの干渉電力が既存の被干渉回線の受信側にどの程度のレベルで到達するのかを把握するため、実環境を模擬した検証試験を実施した。

- ⇒ 無線LANの離隔距離が短い場合には無線媒体が使用されていることを検出されたことにより、複数同時での送信は行われなかったことを確認。
また、当該距離が長い（本実施環境下では約40m以上）場合には複数同時送信が確認された。（duty比が大きい場合には、電力が合成されることを確認。）

■ 6 GHz帯無線LANと既存システムとの周波数共用検討結果（5 / 5）

LPI/VLPモードによる無線LANとの干渉検討結果

<対：非静止衛星との干渉検討>

非静止衛星(Globalstar)のフィーダーダウンリンク(6875-7055MHz)との干渉検討※を実施した。

※ LPIモードによる無線LAN (e.i.r.p.200mW) によりシングルエントリー及びアグリゲーションでのシミュレーションを実施。
(VLPモードは検討対象外とした。)

⇒ Globalstarのフィーダーダウンリンクに対する干渉許容値 ($I/N = -10.5\text{dB}@20\%$ 時間率及び $I/N = -1.3\text{dB}@0.005\%$ 時間率) を満足する結果が得られた。

<備考>

同衛星による通信サービスを提供する事業者の確認も得られている。

<検討未了事項>

・シングルエントリーによる干渉計算の結果、干渉許容値 ($I/N = -10\text{dB}$) を満足しない場合には回線瞬断率による詳細検討を行うこととしていたが、回線瞬断率までの算出により更に詳細検討に入れたのは、放送業務用と公共・一般業務用のうち、それぞれ一回線のみとなっており、LPI/VLPモードによる周波数共用の可能性の検討については結論が得られていない。



(今後の技術的課題)

回線瞬断率による詳細検討に向けて関係者間による合意形成のための検討が改めて必要になると考える。