

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）

（第 4 章の他の無線システムとの共用検討を除く）

「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、
「60GHz 帯の周波数の電波を利用する無線設備の高度化に係る
技術的条件」

目 次

I 検討事項.....	3
II 委員会及び作業班の構成.....	3
III 検討経過.....	3
IV 検討概要.....	4
第1章 60GHz 帯無線システムの概要.....	4
1-1 検討の背景.....	4
1-2 60GHz 帯無線システムの新たな利用形態.....	4
1-3 普及予測.....	9
第2章 諸外国における動向.....	14
2-1 国際動向.....	14
2-2 国際標準化動向.....	16
2-3 諸外国における規制.....	22
第3章 60GHz 帯の周波数の電波を使用する無線設備の高度化.....	30
3-1 60GHz 帯小電力広帯域ミリ波レーダー（キャリアセンス無し）.....	30
3-2 60GHz 帯小電力広帯域ミリ波レーダー（キャリアセンス有り）.....	30
3-3 60GHz 帯小電力データ通信システム.....	31
第4章 他の無線システムとの共用検討.....	33
4-1 干渉検討の条件.....	33
4-2 干渉検討対象システム.....	33
4-3 60GHz 無線システム.....	33
4-4 ミリ波レーダー.....	33
4-5 FPU.....	33
4-6 探査衛星業務.....	33
4-7 電波電波天文.....	33
第5章 電波防護指針.....	34
5-1 電波防護指針.....	34
5-2 60GHz 帯無線設備における電波防護指針の適合について.....	34
第6章 60GHz 帯の周波数の電波を使用する無線設備の技術的条件.....	35
6-1 60GHz 帯小電力広帯域ミリ波レーダー（キャリアセンス無し）の技術的条件.....	35
6-2 60GHz 帯小電力広帯域ミリ波レーダー（キャリアセンス有り）の技術的条件.....	42
6-3 60GHz 帯小電力データ通信システムの技術的条件.....	48
第7章 今後の検討課題等.....	49
第8章 検討結果.....	49

I 検討事項

陸上無線通信委員会は、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、「60GHz 帯の周波数の電波を利用する無線設備の高度化に係る技術的条件」について検討を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成については、別表 1 のとおり。

なお、検討の促進を図るため、本委員会の下に 60GHz 帯無線設備作業班（以下「作業班」という。）を設けて検討を行った。作業班の構成については、別表 2 のとおり。

III 検討経過

1 陸上無線通信委員会での検討

(1) 第 1 回（令和元年 5 月 17 日）

60GHz 帯無線設備の高度化に係る技術的条件の検討開始報告。作業班の運営方針、検討の進め方及びスケジュール等について確認。検討の進め方については、委員会内の意見を取りまとめ、作業班に送付した。

(2) 第〇回（令和元年〇月〇日）

作業班で取りまとめられた陸上無線通信委員会報告(案)についての検討を行った。また、報告書(案)について、令和元年〇年〇月〇日から同年〇月〇日までの間、パブリックコメントを募集することとなった。【TBD】

(4) 第 23 回（令和元年〇月〇日）

パブリックコメントの結果、〇件の意見提出があり、それら意見をふまえ、委員会報告を取りまとめた。【TBD】

2 60GHz 帯無線設備作業班での検討

(1) 第 1 回（令和元年 5 月 29 日）

作業班運営方針、作業班での検討の進め方、今後のスケジュールについて確認を行うとともに、60GHz 帯無線設備の新たな利活用方策の紹介、60GHz 帯小電力広帯域ミリ波レーダー（キャリアセンス無し）との干渉検討結果について報告を行った。

(2) 第 2 回（令和元年年 6 月 14 日）

他システムとの干渉検討結果の報告及び技術的条件案について検討を行った。

(3) 第3回（令和元年7月10日）

他システムとの干渉検討結果の報告及び技術的条件案について検討を行った。

(4) 第〇回（令和元年〇月〇日）

他システムとの干渉検討結果の報告及び技術的条件案について検討を行った。【TBD】

(5) 第〇回（令和元年〇月〇日）

陸上無線通信委員会報告（案）をとりまとめ、陸上無線通信委員会に報告することとなった。【TBD】

IV 検討概要

第1章 60GHz帯無線システムの概要

1-1 検討の背景

60GHz帯の周波数の電波を使用する小電力無線局は、平成7年に制度化された60-61GHzのミリ波レーダー用の特定小電力無線局と、平成12年に制度化された57-66GHzのデータ通信システムの無線局が存在する。60-61GHzのミリ波レーダーは自動車に搭載され障害物検知用レーダーの用途以外に、踏切の障害検知等の用途でも利用されている。57-66GHzのデータ通信システムは平成12年当時、衛星放送等の映像伝送システムやビル間通信等の用途として制度化され、平成25年には、60GHz帯を利用する高速データ通信規格であるIEEE802.11ad/WiGigの導入のため、空中線電力の増力等がなされ、今日に至るまで様々なシステムにおいて利用がなされている。

近年、広帯域のミリ波レーダーを使用し、離れたところから、モバイル端末やテレビなどを手の動きを使って操作するモーションセンサや、人体表面のわずかな動きを捉え、高精度に心拍数等を計測する生体情報センサ、一つの無線設備でデータ通信と無線標定を行うといった新たな無線システムの導入が期待されている。また、57-66GHzのデータ通信システムの構成要素は、制度の導入当初から大きく変更になっており、近年の無線システムの状況を鑑み、更なる利便性向上に向けて、筐体条件の技術基準を見直すことが要望されている。

本検討は、こうした新たな利用ニーズ等をふまえ、60GHz帯無線システムの技術的条件の見直しを行うものである。

1-2 60GHz帯無線システムの新たな利用形態

1-2-1 60GHz帯小電力広帯域ミリ波レーダー

レーダーシステムの広帯域化及び高度化により、センシング機能の検出範囲について、現行は物体の存在有無のみ検出可能であるが、今後は物体の位置や指先の動き等のジェスチャーまで検出可能となり、それによって多種多様な商品開発に技術応用ができるようになると想定される。人感およびバイタルモニターによる室内や車内での人体の安全確保サポートや、個人の健康チェック、直接触ることなく家電を操作するなどのスマート家電への応用などが

予想される。

また、IEEE802.11ad の後継規格として IEEE802.11ay の標準化が進められているが、本規格には、データ通信用途の他、レーダーとして使用することも検討されている。

予想される利用シーンを以下に示す。

(1) スマート家電

バッテリー駆動する端末用に開発されたチップセットを搭載することで、多種多様な家電がスマート家電として利用できるようになると想定される。例えば、テレビやパソコン、タブレット端末やスマートウォッチなどに搭載されることで、ジェスチャーによる電子機器の操作(図 1-2-1) や、人体感知をすることにより自動で家電の制御を行う(図 1-2-2) ことが可能となることが予想される。この場合、レーダーシステムへは2つの要求がある。第1に小型化、第2に高分解能化である。60GHz というミリ波帯域を使用することでアンテナの物理的なサイズの小型化、及びレーダーセンサー自体の小型化が可能となる。また 60GHz 帯で最大 7GHz の周波数帯域を使うことにより、高分解能レーダーが実現可能となり、従来にはなかった応用が期待できる。(例 ジェスチャーセンシングなど)



図 1-2-1 ジェスチャーによる電子機器操作



図 1-2-2 人感センサーによるディスプレイのオンオフ制御

(出典：60GHz 無線設備作業班(第1回)資料作 60 作 1-7 のクアルコムジャパン(同)様の資料からの抜粋)

(2) 生体情報取得による個人の健康チェックや見守りシステム

遠隔から心臓の鼓動や呼吸による人体表面のわずかな動きを認識して、心拍数や呼吸数等の生体情報を取得できるため、健康状態に応じた健康アドバイスに应用できること

が可能となると予測される。

また、天井や機器などにセンサーを埋め込み、カメラなし見守りを実現することで、利用者がこれまでカメラ監視によって感じていたストレスを軽減しつつ、母子・高齢者の見守りなどのシステムとして利用されると想定される。リアルタイムで位置、姿勢、および呼吸状態をモニタリングできるようになると想定され、介護施設や保育施設に導入することで介護職員や保育士の負担を軽減することができる。今回提案の60GHz広帯域レーダーセンサーを使うことによって複数人の生体情報を同時に取得することも可能となるため、更なる応用範囲の拡大が期待できる。

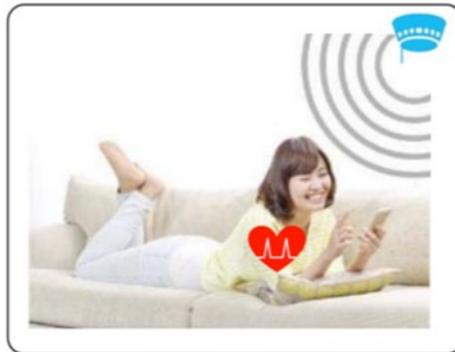


図 1-2-3 生体情報に応じた個々の健康監視



図 1-2-4 介護施設や保育施設での見守り

(出典：60GHz無線設備作業班（第1回）資料作60作1-6のルネサスエレクトロニクス（株）様の資料からの抜粋)

(3) 個人認証

現在ポータブル機器などには、セキュリティーの観点から、個人認証機能の搭載が必須となっており、指紋認証、虹彩認証、顔認証など技術が使用されている。顔認証は、カメラを使用した画像処理技術がスマートフォン等に使用されているが、60GHzレーダー技術を使用した顔認証では、顔の検出だけでなく、生体認識を行う事も可能となる為、認証精度が上がる事が期待される。カメラを使用する場合、暗闇での認証が困難になるが、60GHzレーダーの技術ではこの問題は発生しない。

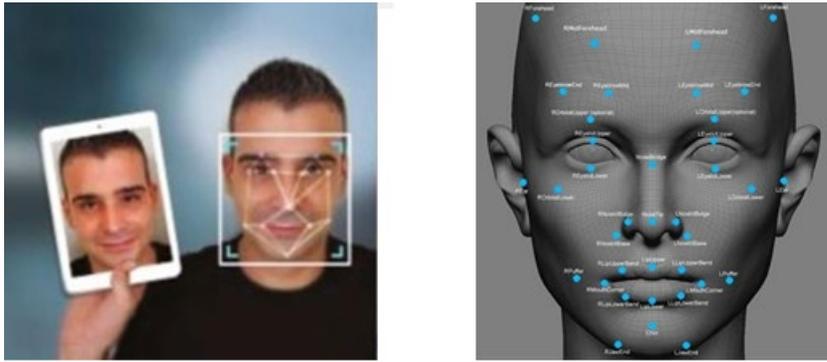


図 1-2-5 60GHz レーダーの技術による顔認証

(出典：60GHz 無線設備作業班（第1回）資料作 60 作 1-7 のクアルコムジャパン（同）様の資料からの抜粋)

(4) 自動車室内センシング

高分解能レーダーが実現できることによって、着座位置検出および生体情報検出することが可能となるため、車内での生体確認に利用できることが想定され、Euro NCAP (New Car Assessment Program) への搭載が検討されている幼児放置検知機能の実現も容易となり、レーダーセンサーの新たな活用が期待される。また自動車分野では 77/79GHz ミリ波レーダーによる衝突防止機能の実現が増えてきているが、その周波数帯と車室内センシングの周波数帯を分離でき、60GHz レーダーを車室内センシングに採用することで混信防止機能の実現も可能となる。



図 1-2-6 自動車室内センシングのイメージ

(出典：60GHz 無線設備作業班（第1回）資料作 60 作 1-5 のインフィニオン テクノロジーズ ジャパン（株）様の資料からの抜粋)

IEEE802.11ad/ay をベースとしたレーダーシステムは、通信に使用する信号と同じ信号をを放射し、物体からの反射波を利用して、レーダーとしても利用するものである。IEEE 802.11ay preamble の一部 (CEF : Complementary Golay sequence) をレーダー信号として活用し、モデムにおいて CEF と受信信号との相互相関をとり、チャンネルインパルス応答を計算する (図 1-2-7)。レーダーとしての利用形態は、上記 (1) ~ (4) に含まれる。

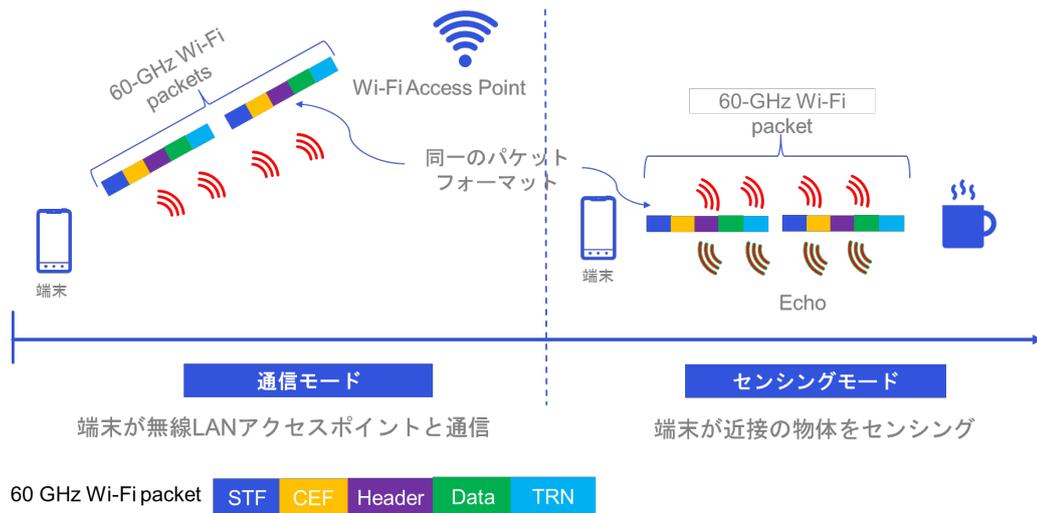


図 1-2-7 60 GHz 無線 LAN 通信モードとセンシングモード

(出典：60GHz 無線設備作業班（第 1 回）資料作 60 作 1-7 のクアルコムジャパン（同）様の資料を元に作成）

1-2-2 小電力データ通信システムを使用した VR システム等

WiGig は 2013 年当初、ノートブック PC やタブレットをデスクトップ環境でケーブルなしで接続するワイヤレス環境を提供するワイヤレス・ドッキング・ステーションが各 PC メーカーから販売された。2016 年には、WiFiAlliance (WFA) が WiGig の認証を開始し、これを受け Tri-Band (2.4/5/60GHz) の端末やアクセスポイントの製品化が始まっている。近年、今までの製品が想定していた静止・準静止環境での利用から、低速移動環境での製品が登場し、さらに高速移動環境を想定した製品開発、インフラ環境への応用など、多岐に渡る利用形態が登場してきている (図 1-2-8)。

- ・マルチメディア・ストリーミング
- ・Virtual Reality：自由な移動/体の動きに制限なし、複数のプレーヤで作業できる。例：ゲーミング、e-Sport、教育、リハビリテーション、医療現場での応用など。
- ・ITS：大量データの瞬時アップロード・ダウンロード
- ・ネットワーク・インフラ：無線高速回線で高速回線の機能拡張。光ファイバー同等品質を P2P メッシュネットワークで実現。



図 1-2-8 60 帯無線システムの製品開発動向

（出典：60GHz 無線設備作業班（第 1 回）資料作 60 作 1-8 のインテル（株）様の資料からの抜粋）

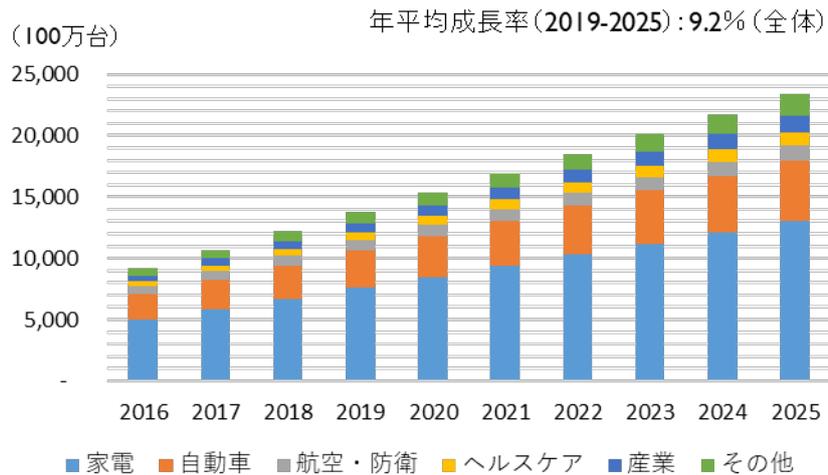
1-3 普及予測

60GHz 帯無線システムの普及予測について検討を行う。

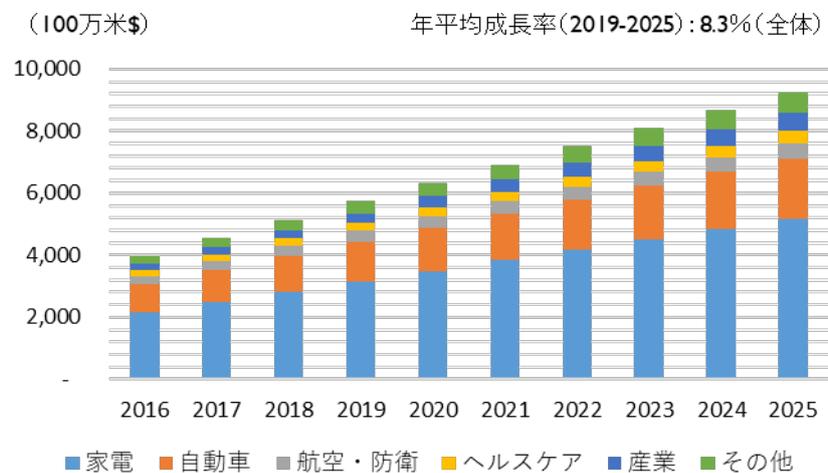
(1) グローバル

MarketsandMarkets 社の「Motion Sensor Market - Global Forecast to 2025」によると、世界のモーションセンサーシステム（ミリ波レーダー含む）市場のアプリケーション別の普及予測は、図 1-3-1 のとおりである。モーションセンサーとは、動く物体（特に人の動き）を検出するものである。

現状では、家電での利用が最も多く、次いで自動車、航空・防衛、ヘルスケア、産業となっている。2016 年から 2025 年までのグローバル市場全体の普及予測は、普及台数ベースで年平均成長率 9.2%、市場規模ベースで 8.3%の伸びが予測されている。



【普及台数】

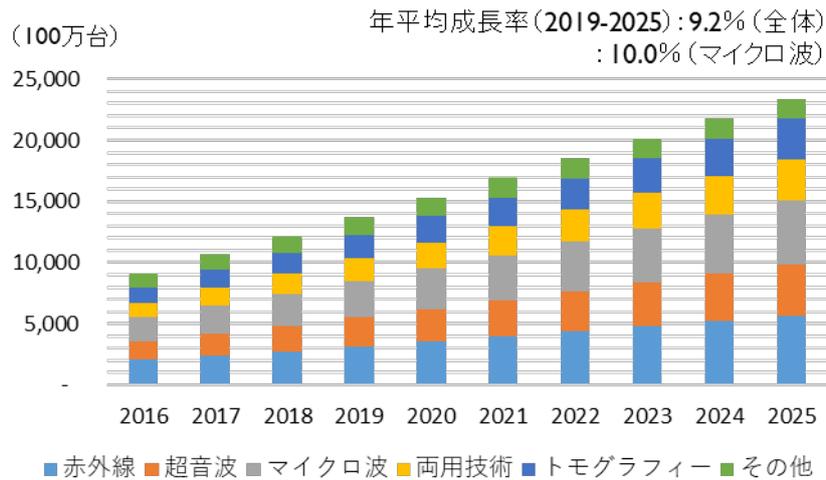


【市場規模】

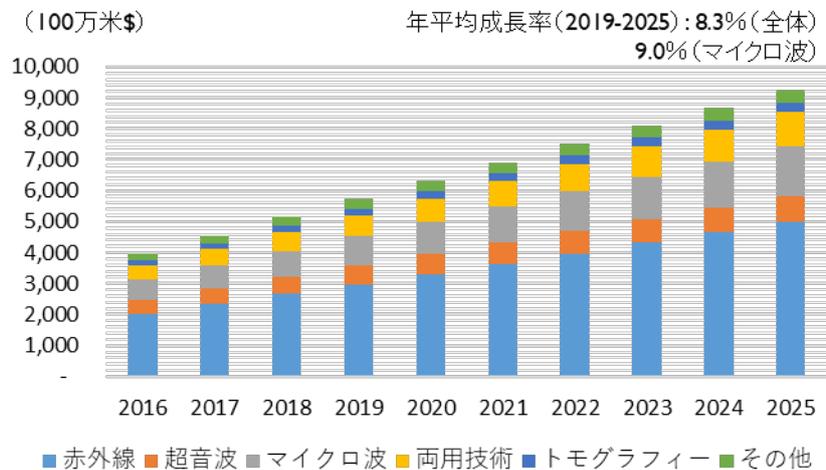
図 1-3-1 アプリケーション別の普及予測：グローバル

(出典：MarketsandMarkets, Motion Sensor Market – Global Forecast to 2025)

一方、図 1-3-2 に示すとおり、モーションセンサー技術別でみた場合、現状では、赤外線による利用が最も多く、次いで超音波、マイクロ波、両用技術、トモグラフィーとなっている。2016 年から 2025 年までの市場全体の普及予測は上述したとおりであるが、マイクロ波の普及予測は、普及台数ベースで年平均成長率 10.0%、市場規模ベースで 9.0%と、市場全体の伸びよりも約 1%高く予測されている。



【普及台数】



【市場規模】

[用語]

マイクロ波：レーダー技術を使用するもの。

両用技術：パッシブ赤外線と超音波の組合せ。

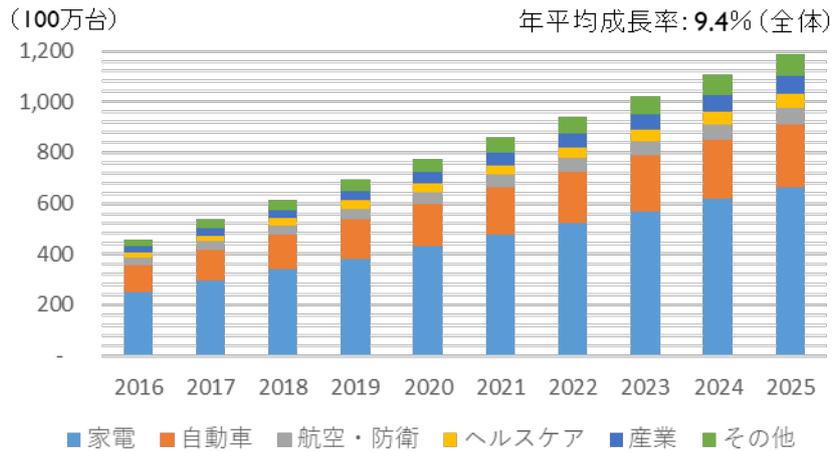
トモグラフィー：多数のノードにセンサーを設置し、ノードの間でメッシュ状に電波を張り巡らせ、その中を動く物体による電波の乱れを感知する。

図 1-3-2 モーションセンサー技術別の普及予測：グローバル

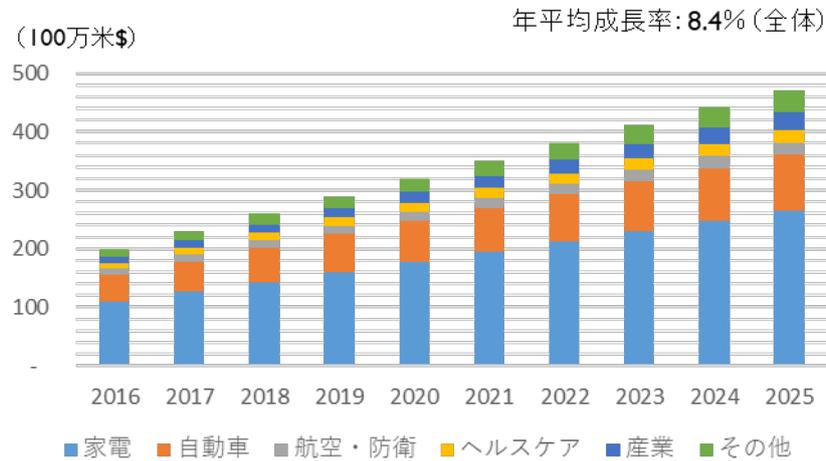
(出典：MarketsandMarkets, Motion Sensor Market – Global Forecast to 2025)

(2) 日本

MarketsandMarkets 社の「Motion Sensor Market - Global Forecast to 2025」によると、日本のモーションセンサーシステム（ミリ波レーダー含む）市場のアプリケーション別の普及予測は、図 1-3.3～4 に示すとおりである。2016 年から 2025 年までの日本市場全体の普及予測は、普及台数ベースで年平均成長率 9.4%、市場規模ベースで 8.4%と、グローバル市場の伸びに比べると 0.1～0.2% 高く予測されている。



【普及台数*】

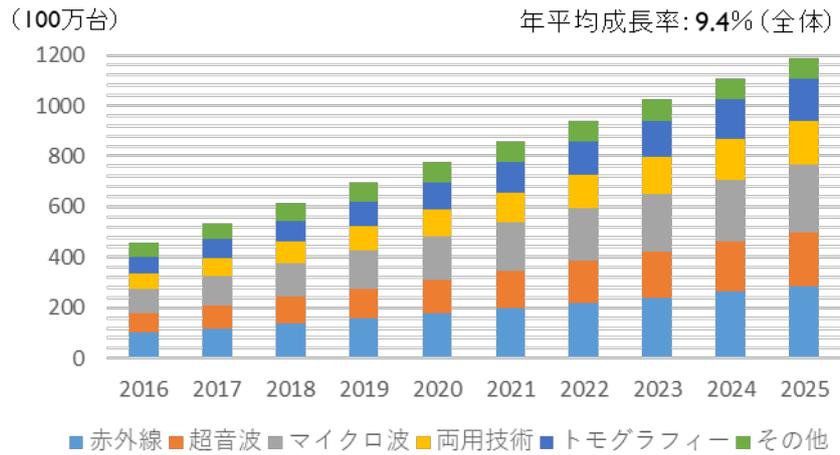


【市場規模*】

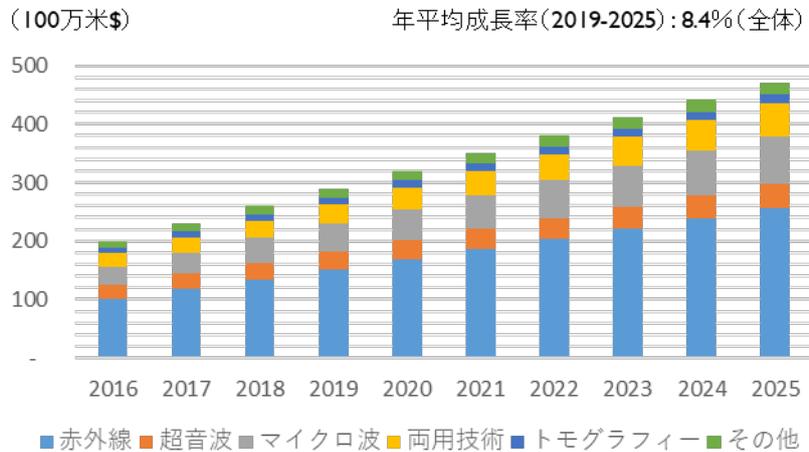
*前掲のグローバル市場での普及予測に準じて算出。

図 1-3-3 アプリケーション別の普及予測：日本

(出典：MarketsandMarkets, Motion Sensor Market – Global Forecast to 2025)



【普及台数*】



【市場規模*】

*前掲のグローバル市場での普及予測に準じて算出。

[用語]

マイクロ波：レーダー技術を使用するもの。

両用技術：パッシブ赤外線と超音波の組合せ。

トモグラフィー：多数のノードにセンサーを設置し、ノードの間でメッシュ状に電波を張り巡らせ、その中を動く物体による電波の乱れを感知する。

図 1-3-4 モーションセンサー技術別の普及予測：日本

(出典：MarketsandMarkets, Motion Sensor Market – Global Forecast to 2025)

第2章 諸外国における動向

2-1 国際動向

2-1-1 利用の現状

ミリ波レーダー（センサー）システム等の導入事例には、自動車用途や産業用途がある。自動車用センサーは、幼児やペットの車室内での置き去り防止を目的としたもので、フランスの Valeo 社が開発したシステムが、2019年5月に国内でデモンストレーションが実施された¹。当該システムは79GHz帯を使用するもので、車室内の天井にミリ波レーダーを配置して、生体検知センサーによる幼児やペットの置き去りを検知する。レーダーセンサーによって、呼吸により車室内の生体を検知するもので、毛布や暗がりで見えない乳幼児でも検知でき、車室内への置き去り防止などに活用できる。乳幼児が車室内に置き去りになってしまった際には、ドライバーのスマートフォンにアラームを出すなどの活用が可能である²。乳幼児やペットが車室内に取り残されて命の危険にさらされる事故が頻発し、社会的な問題になっていることから、欧州では、幼児置き去り検知機能は、自動車の安全性を評価する Euro NCAP（ヨーロッパ新車アセスメントプログラム）で2022年よりスコアリング対象になる見通しである³。

産業用途では、高精度なセンシングとインテリジェントな処理をシングル・チップに統合したミリ波センサーによって、人数計測、ビル・セキュリティ、安全保護、レベル・トランスミッタ、ロボット、交通監視などの広範な産業用アプリケーションとして利用される。Texas Instruments 社では60-64GHz帯を使用する産業用ミリ波センサーが販売されている⁴。



図2-1-1 産業用ミリ波センサーの導入事例

(出典：Texas Instruments Incorporated)

¹ https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/column/18/00001/02174/?i_cid=nbpnxt_reco

² <http://www.valeo.co.jp/medias/upload/2019/05/88226/2019.pdf>

³ <https://www.euroncap.com/en/press-media/press-releases/euro-ncap-launches-road-map-2025-in-pursuit-of-vision-zero/>

⁴ <http://www.tij.co.jp/ja-jp/sensors/mmwave/iwr/overview.html>

2-1-2 今後の利用動向

今後見込まれるユースケースとして、モーションジェスチャー認識センサーがある。手の動きを追跡するためのレーダーを使用した専用のインタラクティブモーションセンサーにより、指や手の細かい動きで表現される動的なジェスチャーを追跡して認識することができる（図2-1-2 参照）⁵。



図2-1-2 モーションジェスチャー認識センサー

（出典：Google ATAP）

Google の Soli は 57-64GHz のレーダービームを使用するもので、パソコンやタブレットなどの各種スクリーンのコントロールや、時計の機能コントロールなど、多種多様な機器でのインタラクティブモーションセンサーの適応が想定されている（図2-1.3）

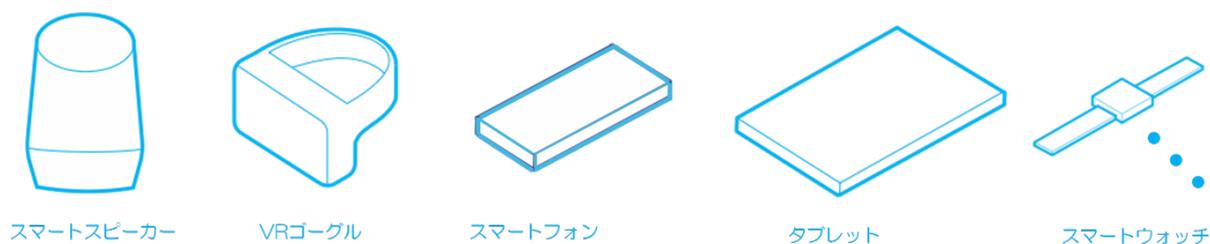


図2-1-3 モーションジェスチャー認識センサーの適用例

（出典：Google ATAP（Advanced Technology And Projects））

その他、60GHz 帯での利用が見込まれるアプリケーションには、車室内センサー、スマート家電、着衣のまま脈拍を検知するバイタル・モニター、高精度な人感センサー、工場作業

⁵ <https://atap.google.com/soli/>

員の安全モニタリング、介護や保育の現場での見守りセンサー、セキュリティ用途の監視カメラなどがある。

2-2 国際標準化動向

60GHz 帯無線システムとして無線パーソナルエリアネットワーク(WPAN: Wireless Personal Area Network)や無線ローカルエリアネットワーク(WLAN: Wireless Local Area Network)を取り巻く環境は急速に整いつつあり、家庭・オフィス等で広帯域を必要とするデータ通信等の利用に期待されており、60GHz 帯における諸外国の周波数割り当てはアメリカは 57-71GHz、カナダ・韓国は 57-64GHz、中国は 59-64GHz、日本・EU は 57-66GHz である。(詳細は 2-3 節に示す)

免許不要帯域である 60GHz 帯を対象とした代表的な国際標準規格として、WirelessHD コンソーシアムが策定した WirelessHD、IEEE802.15.3c、IEEE802.11ad(WiGig)、IEEE802.15.3e、IEEE802.11ad の後継規格の IEEE802.11ay の標準化動向について以下概要を示す。

(1) WirelessHD

WirelessHD は、WirelessHD コンソーシアムが策定した、テレビや DVD プレーヤーなど AV 機器間で有線の HDMI インターフェースに代わり、AV コンテンツを無線伝送することを主目的に策定された標準規格である。2006 年に設立された WirelessHD コンソーシアムには、主要な家電・AV 機器メーカーや半導体メーカーなどが参加、2008 年 1 月に初の規格となる WirelessHD 1.0 が発表されている。通信距離は概ね～10m 程度を想定しており、機器間を最大 4Gbps 程度の高速なデータ転送を可能にしている。また、IEEE802.11ad 同様、パスロスや障害物のある環境に対処した高速データ伝送を実現するためにビームフォーミング・ビームステアリング技術が採用されている。

WirelessHD は、制御情報用の LRP(Low-rate PHY)モードと、実際の映像データ伝送用の HRP(High-rate PHY)モードが用意されている。

利用シーンとしては、図 2-2-1 に示すように、Blue-ray などに格納されたハイビジョン映像を非圧縮のままストリーミングして高品質のまま再生しモニタ等に接続することなどがあげられる。

導入状況については、ビデオプロジェクター・AV アンプ間やスマートフォン・大型モニタ間等を接続する機器が発売されている。



図 2-2-1 WirelessHD の利用シーンの例

(出典 : <http://www.wirelesshd.org/about/technology/>)

(2) IEEE802.15.3c

無線パーソナルエリアネットワークを議論する IEEE802.15WG(ワーキンググループ)では、2005 年に 60GHz 帯での標準規格を策定するタスクグループ 3c(TG3c)が設立された。このタスクグループは、60GHz 帯のミリ波を用い、2Gbps 以上の高速伝送技術によって、ハイビジョンの非圧縮映像のストリーム配信や、携帯端末への大容量コンテンツの配信などを目指して規格化作業が行われ、2009 年に標準化が完了し仕様書が発行された。

利用シーンとしては、サーバよりゲーム等のコンテンツをポータブル機器に高速でダウンロードすることや、図 2-2-2 に示すような大画面ディスプレイ等に高品質な映像をマルチギガビットで伝送することなどが挙げられる。

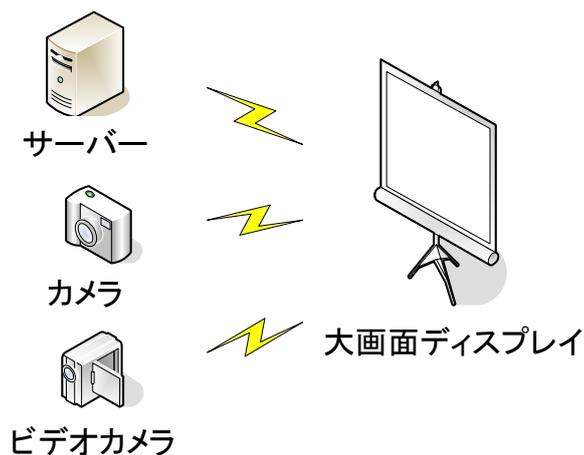


図 2-2-2 IEEE802.15.3c の利用シーンの例

(3) IEEE802.11.ad

IEEE802.11ad は、60GHz 帯を使う次世代無線 LAN として、2012 年 12 月に IEEE802.11WG が策定した次世代高速無線 LAN 規格である。2008 年に、IEEE802.11n よりも高速な通信方式を定めるため、IEEE802.11VHT (Very High Throughput) という Study Group が立ち上がり、5GHz 帯を用いた IEEE802.11ac と 60GHz 帯を用いた IEEE802.11ad が策定された。規格策定を行うタスクグループ(TGad)においては、Wireless Gigabit Alliance (WiGig)が定めた MAC 層と PHY 層が提案され、結果として WiGig 規格がそのまま規格に取り入れられている。その特長は、屋内を想定した最大 10m 程度の通信距離で、最大 7Gbps 近いデータ速度に対応するところにあり、セッションを維持したまま 2.4GHz/5GHz と 60GHz 間をシームレスにセッション切り替えする FST(Fast Session Transfer)機能が備わっている。また、パスロスや障害物のある環境に対処した高速データ伝送を実現するためにビームフォーミングに対応したプロトコルが採用されている。

利用シーンとしては、図 2-2-3 に示すように、Blue-ray などに格納されたハイビジョン映像を非圧縮のままストリーミングして高品質のまま再生・他の AV 機器等に接続することなどが挙げられる。

IEEE802.11ad 規格に基づく相互接続性認証は平成 26 年末から開始されている。

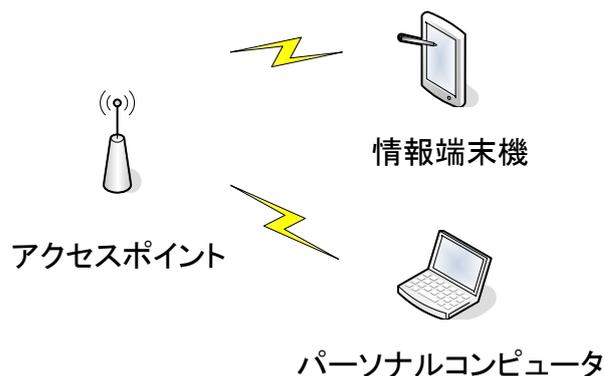


図 2-2-3 IEEE802.11ad/WiGig の利用シーンの例

(4) IEEE802.15.3e

IEEE802.15.3e は 1 対 1 通信に基づく超高速短距離非接触通信システムとして、2015 年 5 月より審議が開始され 2017 年 3 月に規格として公開されたものである。また、2018 年 1 月には ITU-R の M2003-2 として Recommendation も発行されている。特に本通信システムは、通信距離を極近接の 10cm 程度とすることで、他の通信システムや環境への影響を極小としながらも逆に「1 対 1」接続を堅持できるという特徴により、その全ての無線リソースに係るユーザ 1 一人に割り当てしまい、超高速接続を提供しようとするものである。その最も典型となるユースケースが「デバイス対デバイス」の超高速データ交換である。また IEEE802.15.3e では、数 ms での通信の確立/切断を可能とするスキームも具備させる規格となっており、「タッチ&ゲット」方式のユースケースなどに於いては順番待ちをして貰う形ではあるが、複数のユーザに大容量データ交換の機会を公平に順次提供できるといった特徴も備えているものである。

更に IEEE802.15.3e では、大口径アンテナ近傍界エリアの趨勢を利用し、係る大口径アンテナを本システムのホスト側機器に接続させることにより、「1 対 1 の関係」を維持しつつも利便性を考慮した「拡がりを持った接続ゾーン」を提供する拡張型応用展開も計画されている。その典型的なユースケースがゾーン挿入型ホットスポットである。また、より大口径なアンテナのゾーン形成特性を用いると並列設置したゾーン間の干渉が極小に抑えられる特徴があり、より瞬時に厳格な本人確認（切符の保持）が求められる「駅改札」などへ適応についても有望視され、現在その次世代改札としての開発も進められている。

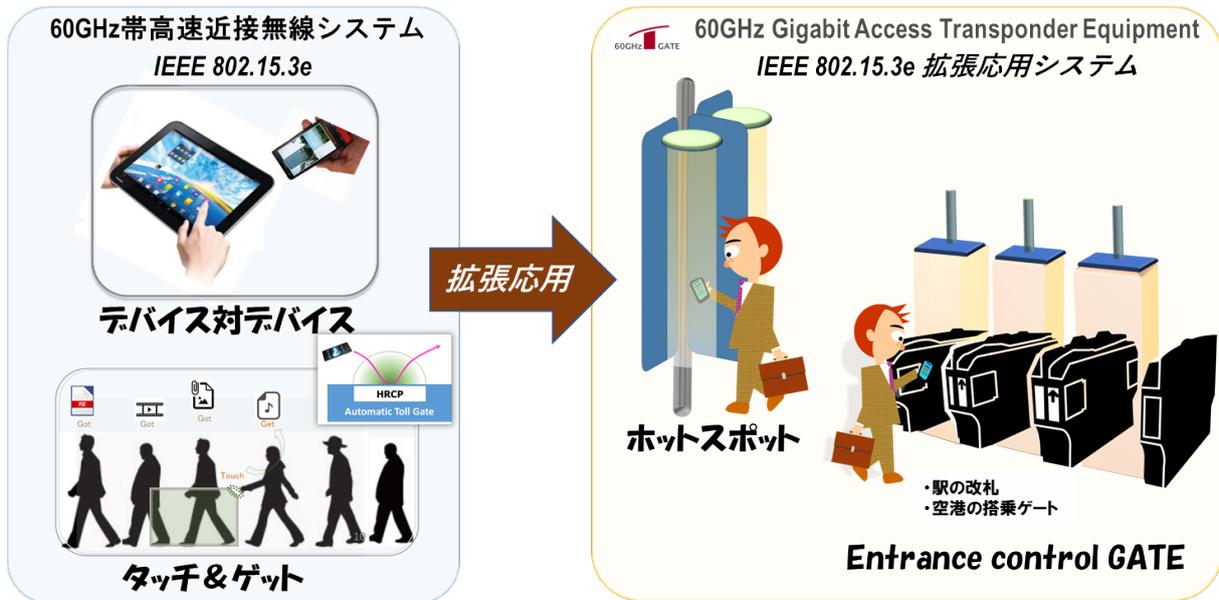


図 2-2-4 IEEE802.15.3e の利用シーンの例
 (出典：60GHz 無線設備作業班（第 1 回）資料作 60 作 1-10 の日本無線（株）様の資料からの抜粋）

(6) IEEE802.11ay

IEEE802.11ay は IEEE802.11ad の後継規格であり、802.11ad のチャンネルを 2~4 つまで束ね広帯域化を図るチャンネルボンディング、802.11ad の制定時に見送りとなった DMG OFDM、Single User および Multi User MIMO、TDD 運用(11ad は基本的に半二重の通信)がサポートされる。2019 年 6 月にドラフト 4.0 版が承認され、2020 年 3 月の制定を目指し作業中である。

以上、WirelessHD コンソーシアムが策定した WirelessHD、IEEE802.15.3c、IEEE802.11ad(WiGig)、IEEE802.15.3e、IEEE802.11ad の後継規格の IEEE802.11ay の標準化の位置づけ、動向について示した。それぞれの標準規格仕様の概要一覧を表に示す。

表 2-2-1 60GHz 帯無線システムの標準規格の基本仕様

	WirelessHD	IEEE802.15.3c	IEEE802.11ad (WiGig)	IEEE802.15.3e	IEEE802.11ay
規格化の時期	2008 年	2009 年	2012 年	2017 年	2020 年 (予定)
カテゴリ	無線 PAN(VAN)	無線 PAN	無線 LAN	無線 PAN(VAN)	無線 LAN
周波数帯	60GHz 帯				
チャンネルプラン (日本で使用可能なチャンネル)	Ch1:58.32GHz、Ch2:60.48GHz、Ch3:62.64GHz、Ch4:64.8GHz				
チャンネル間隔	2160MHz				
伝送方式	OFDM	SC(シングルキャリア) OFDM	SC OFDM (optional)	SC OOK	SC OFDM (optional)

最大伝送速度 (1ch.使用時)	7Gbit/s	6Gbit/s	7Gbit/s	13.1Gbit/s	
最大伝送距離	10m 程度	10m 程度	10m 程度	10 cm未満 (拡張 GATE 接続の場 合はゾーン内全域)	10m 程度
アプリケーション	<ul style="list-style-type: none"> ・HD 動画の非圧縮伝送 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンテンツダウンロード ・高速ファイル転送 ・ワイヤレスディスプレイ ・無線アドホックネットワーク ・PC 周辺機器間通信 ・HD 動画の非圧縮伝送 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンテンツダウンロード ・高速ファイル転送 ・ワイヤレスディスプレイ ・無線アドホックネットワーク ・PC 周辺機器間通信 ・HD 動画の非圧縮伝送 ・ドッキングステーション ・無線 LAN 	<ul style="list-style-type: none"> 【近接接続】 ・高速ファイル転送 ・監視カメラ・ドライブレコーダ・ロボットログなどの蓄積型データ瞬時移送 ・KIOSK ダウンロード 【拡張 GATE 接続】 ・エントランスコントロールゲートにおけるチケット認証 / コンテンツ類の授受 (次世代改札機 / 機内・車内用エンターテイメント配信) ・高速ホットスポットによる非連続接続型モバイルオフロード 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンテンツダウンロード ・高速ファイル転送 ・ワイヤレスディスプレイ ・無線アドホックネットワーク ・PC 周辺機器間通信 ・HD 動画の非圧縮伝送 ・ドッキングステーション ・無線 LAN
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ビームステアリング機能 ・NLOS 環境オペレーション 	<ul style="list-style-type: none"> ・ビームフォーミング機能 ・15.3 MAC 	<ul style="list-style-type: none"> ・低電力と高速の両機器対応 ・ビームフォーミング機能 ・シームレスマルチバンドオペレーション (FST:高速セッション切替機能) ・IEEE802.15.3c との共存機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ITU-R2003-2 勧告化 ・1対1通信 ・高速リンク確立/離脱 ・低電力と高速の両機器対応 	<ul style="list-style-type: none"> 低電力と高速の両機器対応 ・ビームフォーミング機能 ・シームレスマルチバンドオペレーション (FST:高速セッション切替機能) ・IEEE802.15.3c、802.11ad との共存機能

2-3 諸外国における規制

(1) 米国及び欧州

米国における 57-71GHz 帯で使用する無線設備は、連邦通信委員会（FCC）規則パート 15 の § 15.255 に規定されている。ここでは、固定運用のフィールド妨害センサー、インタラクティブモーションセンサー用の SRD、屋外設置の P2P 送信用、その他のアプリケーション用について規定されている。2018 年 12 月には、レーダービームを使用した三次元空間のキャプチャーモーションセンサーである Google Soli を開発した Google LLC が、規制緩和を FCC に求め、特例措置が認められている。

欧州における 60GHz 帯レーダーや広帯域データ伝送用無線設備の技術標準については、欧州郵便電気通信主管庁会議（CEPT）加盟国において、短距離無線設備に対する共通的な周波数割当や最大電力、最大周波数帯域幅、干渉軽減技術等の管理要件に対する勧告である、ERC/REC 70-03（最新改正 2019 年 6 月 7 日）にまとめられている。また、その他の詳細な技術規格は、無線アプリケーション各々の欧州標準規格にまとめられている。2019 年の改定では、CEPT Report 70 で示された ERC/REC 70-03 への見直しを受けて、ワイドバンドデータ伝送用の周波数が 57-66GHz から 57-71GHz へと改訂されている。ERC/REC 70-03 では、以下の Annex において、60GHz 帯におけるレーダーや広帯域データ伝送のアプリケーションが勧告されている。

Annex 1：あらゆる種類の用途に有効であり、さらに一般的にテレメトリー、テレコマンド、警報およびデータならびにその他の類似の用途にも使用される。（Band n1, n2）

Annex 3：広帯域データ伝送システムに使用される。（Band c1, c2, c3）

Annex A：Annex 1 から 13 に含まれないが、周波数範囲が ECC 決定に指定されており、CEPT 行政機関によって一般認可の下で使用されているアプリケーション（Band g）

欧米における 60GHz 帯のレーダー用途及び通信用途の規制を、表 2-3-1 及び表 2-3-2 に示す。表に示す無線アプリケーションは、米国及び欧州ともに免許不要である。

表 2-3-1 欧米における 60GHz 帯無線設備の技術標準（レーダー用途）

		米国		欧州	
規則・勧告等		FCC 47 CFR Part 15 §15.255	FCC 47 CFR Part 15 §15.255	FCC 47 CFR Part 15 §15.255	FCC 47 CFR Part 15 §15.255
カテゴリ		固定運用フィールド妨害センサー及びインタラクティブモーションセンサー	固定運用のフィールド妨害センサー	固定運用フィールド妨害センサー及びインタラクティブモーションセンサー	固定運用のフィールド妨害センサー
標準規格等					
周波数		57-71GHz	61-61.5GHz	57-71GHz	61-61.5GHz
空中線電力	平均		空中線電力	平均	空中線電力
	尖頭	-10dBm		尖頭	-10dBm
電力密度 (PSD)	平均		電力密度 (PSD)	平均	電力密度 (PSD)
	尖頭			尖頭	
空中線利得					
等価等方輻射電力 (EIRP)	平均		等価等方輻射電力 (EIRP)	平均	等価等方輻射電力 (EIRP)
	尖頭	10dBm		尖頭	10dBm
占有帯域幅			500MHz		500MHz
不要発射の強度の許容値	帯域外輻射の制限値		不要発射の強度の許容値	帯域外輻射の制限値	不要発射の強度の許容値
	スプリアスの強度の許容値	40GHz 未満 : §15.209 の限度値を適用 40GHz ~ 200GHz : 90pW/cm ² 以下 @3m (≒ 10dBm/MHz RMS e.i.r.p.)		スプリアスの強度の許容値	40GHz 未満 : §15.209 の限度値を適用 40GHz ~ 200GHz : 90pW/cm ² 以下 @3m (≒ 10dBm/MHz RMS e.i.r.p.)
その他					
人体へのばく露許容値(電力密度)		1mW/cm ² (人体から 5cm 以上)		任意の体表面 20cm ² 当り 10W/m ² (1mW/cm ²)	

* 欧州非特定 SRD (Band n1, n2) のスプリアス制限

周波数帯 (MHz)	スプリアスラジエーションの制限値	検出タイプ
47 to 74	-54 dBm e.r.p.	準尖頭値
87,5 to 118	-54 dBm e.r.p.	準尖頭値
174 to 230	-54 dBm e.r.p.	準尖頭値
470 to 862	-54 dBm e.r.p.	準尖頭値
otherwise in band 30 to 1 000	-36 dBm e.r.p.	準尖頭値

f > 1 000 to 300 000 (注)	-30 dBm e.i.r.p.	実効値
注: CEPT / ERC / REC 74-01 [i.3]によれば、スプリアスエミッションは基本周波数の二次高調波まで測定される。		

表 2-3-2 欧米における 60GHz 帯無線設備の技術標準 (通信用途)

		米国		欧州			
規則・勧告等		FCC 47 CFR Part 15 §15.255	FCC 47 CFR Part 15 §15.255	REC70-03 Annex 3 Band C1	REC70-03 Annex 3 Band C2	REC70-03 Annex 3 Band C3	REC70-03 Annex A Band g
カテゴリ		固定運用フィールド妨害センサーまたはインターラクティブモーションセンサー以外	屋外設置の固定 P2P 設備	広帯域データ伝送	広帯域データ伝送	広帯域データ伝送	ITS
標準規格				EN 302 567 ⁶ (ただし 57-66GHz)	標準規格未定	標準規格未定	EN 302 686 ⁷
周波数		57-71GHz	57-71GHz	57-71GHz	57-71GHz	57-71GHz	63-64GHz ⁸
空中線電力	平均				27dBm		
	尖頭	27dBm(500mW) 100MHz 未満の放射帯域幅の送信機の場合、放射帯域幅を 100MHz で割った値を 500mW で乗じた値	27dBm(500mW) 100MHz 未満の放射帯域幅の送信機の場合、放射帯域幅を 100MHz で割った値を 500mW で乗じた値				
電力密度 (PSD)	平均			23 dBm / MHz e.i.r.p	23 dBm / MHz e.i.r.p	38 dBm / MHz e.i.r.p	
	尖頭						
空中線利得			51dBi 以上			30 dBi 以上	20 dBi 以上
EIRP (等価等方輻射電力)	平均	40dBm	82dBm アンテナ利得が 51dBi を下回る場合は 1dB ごとに 2dB 下げなければならない。ただし、40dBm より低下させることを要しない。	40 dBm	40 dBm	55 dBm	40 dBm

⁶ ETSI EN 302 567 V2.1.1 (2017-07): Multiple-Gigabit/s radio equipment operating in the 60 GHz band; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU
https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302500_302599/302567/02.01.01_60/en_302567v020101p.pdf

⁷ ETSI EN 302 686 V1.1.1 (2011-02): Intelligent Transport Systems (ITS); Radiocommunications equipment operating in the 63 GHz to 64 GHz frequency band;
https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302686/01.01.01_60/en_302686v010101p.pdf

⁸ CEPT Report 70 では、63.72-65.88 GHz への変更が示されているが、まだ REC 70-03 に反映されていない。

	尖頭	43dBm	85dBm アンテナ利得が 51dBi を 下回る場合は 1dB ごとに 2dB 下げなければならない。 ただし、43dBm より 低下させることを要しない。				
占有帯域幅							
不要放射の強度の許容値	帯域外放射の制限値						-29 dBm/200MHz 以下 e.i.r.p
	スプリアスの強度の許容値	40GHz 未満 : §15.209 の限度値を適用 40GHz ~ 200GHz : 200GHz : 90pW/cm ² 以下 @3m (≡- 10dBm/MHz RMS e.i.r.p.)	40GHz 未満 : §15.209 の限度値を適用 40GHz ~ 200GHz : 90pW/cm ² 以下@3m (≡- 10dBm/MHz RMS e.i.r.p.)	**参照			**参照
その他				屋外固定設置は不可 適切なスペクトル共有メカニズムを実装すること	関連文書 ECC Report288 ⁹ 適切なスペクトル共有メカニズムを実装すること	関連文書 ECC Report288) 参照 屋外固定設置のみ可 適切なスペクトル共有メカニズムを実装すること	関連文書 ECC/DEC/(09)01 ¹⁰
人体へのばく露許容値 (電力密度)		1mW/cm ² (人体から 5cm 以上)		任意の体表面 20cm ² 当り 10W/m ² (1mW/cm ²)			

** 欧州広帯域データ伝送 (Band c1) のスプリアス制限

周波数帯	エミッション制限 ERP (≤ 1 GHz) EIRP (> 1 GHz)	測定帯域幅
30 MHz to 47 MHz	-36 dBm	100 kHz
47 MHz to 74 MHz	-54 dBm	100 kHz
74 MHz to 87,5 MHz	-36 dBm	100 kHz
87,5 MHz to 118 MHz	-54 dBm	100 kHz
118 MHz to 174 MHz	-36 dBm	100 kHz
174 MHz to 230 MHz	-54 dBm	100 kHz
230 MHz to 470 MHz	-36 dBm	100 kHz
470 MHz to 790 MHz	-54 dBm	100 kHz
790 MHz to 1 GHz	-36 dBm	100 kHz

⁹ ECC Report 288: Conditions for the coexistence between Fixed Service and other envisaged outdoor uses/applications in the 57-66 GHz range, 25, January 2019

https://www.ecodocdb.dk/download/4d5f88b8-7f6d/ECC_Report_288.pdf

¹⁰ ECC Recommendation (09)01: USE OF THE 57 - 64 GHz FREQUENCY BAND FOR POINT-TO-POINT FIXED WIRELESS SYSTEMS

<https://www.ecodocdb.dk/download/a5bcf903-bb19/REC0901.PDF>

1 GHz to 132 GHz	-30 dBm	1 MHz
------------------	---------	-------

*** 欧州 ITS (Band g) のスプリアス制限

周波数帯	47 MHz to 74 MHz 87,5 MHz to 108 MHz 174 MHz to 230 MHz 470 MHz to 862 MHz (注 1)	その他の周波数 ≤ 1 000 MHz (注 1)	F > 1 000 MHz (注 1 及び 2)
状態			
運用中	4 nW (-54 dBm)	250 nW (-36 dBm)	1 □W (-30 dBm)
待機中	2 nW (-57 dBm)	2 nW (-57 dBm)	20 nW (-47 dBm)

注 1: 1GHz より下の周波数に適用可能な測定帯域幅は 100 kHz で、1 GHz より上の周波数に適用可能な測定帯域幅は 1 MHz。
注 2: 不要輻射の上限周波数は、EUT の二次高調波を含めること。しかし、実際的な測定目的のためだけに、スプリアスエミッションの周波数範囲は制限される。これは試験報告書に記録しなければならない。

(2) 韓国

韓国では、免許を要しない無線機器を規定する「申告せず開設することができる無線局の無線設備の技術基準」¹¹の第 10 条 (UWB と用途未指定の無線機器) 第 4 項において、57-66GHz 帯の電波を使用する用途未指定の無線機器の技術基準が、以下のとおり規定されている。

1. アンテナ供給電力は 500 mW 以下であり、無指向性アンテナを使用する場合は、100 mW 以下、電力密度は 13 dBm / MHz 以下、等価等方輻射電力は、43 dBm 以下であること。ただし、固定ポイントツーポイント (Point to Point) 通信の場合の等価等方輻射電力は、57 dBm 以下であること。
2. アンテナの絶対利得は、16 dBi 以下であること。ただし、アンテナの絶対利得が基準値を超えた場合には、超過した値だけアンテナ供給電力を低減すること。
3. 占有周波数帯域幅は 57-66 GHz 周波数帯域内であること。
4. 57-66 GHz 周波数帯外の周波数での不要発射は次の表に定められたものと同じもの。

周波数範囲	不要発射基準 (等価等方輻射電力)	分解 帯域幅
1GHz 未満	-36 dBm	100 kHz
1GHz 超過～40GHz 未満	-30 dBm	1 MHz
40GHz 以上	-10 dBm	1 MHz

5. 受信又は送信待機状態の副次的電波発射は、次の基準値以下であること。

周波数	基準値 (平均値)	基準帯域幅
1GHz 未満	-54 dBm	100 kHz
1GHz 以上	-47 dBm	1 MHz

¹¹ 科学技術情報通信部告示第 2018-90 号 (2018 年 12 月 27 日一部改正)
<http://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000174898#J10:0>

6. 他の機器の誤動作を防止し、他の機器からの信号による誤動作を起こさないように機器別の識別コードを使用すること。ただし、固定ポイントツーポイント通信には適用しない。
7. 57-58GHz 周波数帯では、等価等方輻射電力 27dBm を超える機器の場合、ユーザーマニュアルの表紙に、次のフレーズを表記しなければならない。
「電波天文アンテナから半径 300 m の範囲内に設置しようとする場合には、天文台と事前に合意しなければならない」

(3) 中国

中国では、業界標準である「60 GHz 帯無線機器のための無線周波数技術要件及び試験方法」(YD/T 2722-2014)¹²において、59-64 GHz の周波数範囲で動作する無線機器の技術基準が規定されている。当該標準は、60GHz 帯における無線設備の等価等方輻射電力、アンテナ出力、送信機のスプリアス・エミッション、受信機のスプリアス・エミッション、搬送波の許容偏差と周波数帯域外発射などの技術要求と測定方法を規定する。また、当該標準は、以下の標準を必須にしている。

- ・ GB9254-2008 情報技術設備の無線干渉制限と測量方法
- ・ Variation of the boundary between the out-of-band and spurious domains required for the application of Recommendations ITU-R SM.1540 and ITU-R SM.329

以下に、59-64 GHz 帯の電波を使用する無線設備の技術基準を示す。

1 環境要求

設備メーカーが事前に設備の利用環境に関する条件を明示し、設備は指定された環境下で利用しなければならない。

2 一致性要求

2. 1 等価等方輻射電力の尖頭値

無指向性アンテナに対する利得と、指向性アンテナから出力するピーク電力の積。
最大電力の状況下で、等価等方輻射電力の尖頭は 47dBm とする。

2. 2 等価等方輻射電力の平均値

無指向性アンテナに対する利得と、指向性アンテナから出力する平均電力の積。
最大電力の状況下で、等価等方輻射電力の平均値は 44dBm とする。

2. 3 アンテナ出力

アンテナに送信されるピーク電力。

¹² 標準番号：YD/T 2722-2014 60GHz 频段无线电设备射频技术要求及测试方法
<http://www.std.gov.cn/hb/search/stdHBDetailed?id=8B1827F1FC20BB19E05397BE0A0AB44A>

最大電力の状況下で、送信機アンテナの尖頭電力は 10dBm とする。

2. 4 送信機スプリアス・エミッション

スプリアス・エミッションは、スプリアス・エミッション域内の不要発射を指す。ITU-R SM.1539-1 の規定により、スプリアス・エミッション範囲は、チャンネル中心周波数と特定オフセットの和で、特定偏差と設備占有周波数帯域幅の関係は（表 1）のとおり。占有帯域幅は発射信号の-6dB 帯域幅とする。

（表 1）特定オフセットと設備占有周波数帯域幅の関係

占有帯幅	オフセット量
≤500MHz	±250%×占有帯域
>500MHz	±(500MHz+150%×占有帯域)

送信機スプリアス・エミッション制限値は（表 2）のとおり。

（表 2）送信機スプリアス・エミッション制限値

周波数範囲	送信状態の制限値	待機または休止状態 a	測定帯域幅
30MHz≤f<48.5MHz	-36 dBm	-47 dBm	100 kHz
48.5MHz≤f<72.5MHz	-54 dBm		100 kHz
72.5MHz<f<76MHz	-36 dBm		100 kHz
76MHz≤f<108MHz	-54 dBm		100 kHz
108MHz<f<167MHz	-36 dBm		100 kHz
167MHz≤f<223MHz	-54 dBm		100 kHz
223MHz<f<470MHz	-36 dBm		100 kHz
470MHz≤f<566MHz	-54 dBm		100 kHz
566MHz<f<606MHz	-36 dBm		100 kHz
606MHz≤f<798MHz	-54 dBm		100 kHz
798MHz<f<1GHz	-36 dBm		100 kHz
1GHz<f<40GHz	-30 dBm		1 MHz
40GHz<f<128GHz	-20 dBm		1 MHz
注：fは送信器のスプリアス・エミッション周波数を意味する			
a 送信機が待機または休止状態の制限値は、同状況をサポートする送信機にのみ適用			

2. 5 受信機スプリアス・エミッション

受信機スプリアス・エミッションは、設備が受信する状態下でのスプリアス・エミッション域内の不要発射を指す。制限値は（表 3）のとおり。

（表 3）受信機スプリアス・エミッション制限値

周波数範囲	制限値	測定帯域幅
30MHz≤f<1GHz	-57 dBm	100 kHz
1GHz<f<128GHz	-47 dBm	1 MHz
注：fは送信器のスプリアス・エミッション周波数を意味する		

2. 6 搬送波の許容偏差

占有周波数帯の中心が所定周波数から許容できる偏差の最大許容値は、 10^{-6} 単位で表記。制限値は、最大で 500×10^{-6} とする。

2. 7 帯域外発射

当該標準における帯域外発射は、57-59 GHz 及び 64-66GHz の周波数帯における最大電力密度を指す。

帯域外発射の制限値は、-5dBm/MHz とする。

2. 8 一体型アンテナ

利用者による設備の改造ができないように、設備はアンテナ一体型の構造を持つこと。

韓国及び中国における 60GHz 帯無線設備の技術標準を表 2-3-3 に示す。いずれも規定からは明確に用途が特定できないため、レーダー用途及び通信用途を区分していない。

表 2-3-3 韓国及び中国における 60GHz 帯無線設備の技術標準

		韓国	中国
規則・勧告等		「申告せず開設することができる無線局の無線設備の技術基準」 (科学技術情報通信部告示第 2018-90 号)	「60GHz 帯無線機器のための無線周波数技術要件及び試験方法」 (YD/T 2722-2014)
カテゴリ		UWB 及び用途未指定の無線機器	
標準規格等			GB9254-2008 ITU-R SM.1539-1 (2002)
周波数		57-66GHz	59-64GHz
空中線電力	平均		
	尖頭	500mW (無指向性アンテナの場合は 100mW 以下)	10dBm
電力密度 (PSD)	平均		
	尖頭	13dBm/MHz	
空中線利得		16dBi 以下 (絶対利得の超過分は空中線電力で低減)	
等価等方輻射電力 (EIRP)	平均		44dBm
	尖頭	43dBm	47dBm
占有帯域幅		57-66GHz	
不要発射の強度の許容値	帯域外輻射の制限値	1GHz 未満: -36dBm/100kHz(e.i.r.p.) 1GHz~40GHz 未満: -30dBm/MHz(e.i.r.p.) 40GHz 以上: -10dBm/MHz(e.i.r.p.)	57-59 及び 64-66GHz: 電力密度が -5dBm/MHz
	スプリアスの強度の許容値		(28 頁の 2.4 送信機スプリアス・エミッションを参照)

	副次発射の許容値	副次発射の基準値(平均値) 1GHz 未満:-54dBm/100kHz 1GHz 以上:-47dBm/MHz	
その他		・機器間の誤作動を防止するため識別コードを使用(ただし固定 P2P は適用除外) ・57-58GHz を使用する機器が27dBm(e.i.r.p.)を超過し、電波天文アンテナから半径300メートル以内に設置する場合は、事前の合意が必要	・設備メーカーが事前に設備の利用環境に関する条件を明示し、指定された環境下で利用 ・利用者による設備改造を防ぐため、設備はアンテナ一体型の構造
人体へのばく露許容値(電力密度)		10W/m ² (1mW/cm ²) ¹³	一級(安全区):10μW/cm ² 二級(中間区):40μW/cm ² ¹⁴

第3章 60GHz 帯の周波数の電波を使用する無線設備の高度化

3-1 60GHz 帯小電力広帯域ミリ波レーダー（キャリアセンス無し）

2-1で示されている新たな利用形態の小電力広帯域ミリ波レーダーは、高精度な距離分解能を要するため広い帯域幅が必要となり、現行制度化されている60-61GHz帯の周波数帯を使用したミリ波レーダーでは、利用形態を満たす距離分解能を得ることができない。また、キャリアセンスを実施しないシステムとしての要望がある。このため、キャリアセンスを実施せず、帯域幅を広げた場合のシステム要件で、他システムとの共用検討を行った。その結果は4-2に示す。

3-2 60GHz 帯小電力広帯域ミリ波レーダー（キャリアセンス有り）

IEEE802.11ad/ay は端末とアクセスポイント間で通信を行うが、端末から対象の物体へ電波の発射し、その反射波を利用して、レーダーとしても利用するシステムが検討されている。具体的には、通信のチャネル推定用の情報（CEF: Channel Estimation Field）を使用し、受信した反射波の CEF の部分と送信した CEF 信号との相互相関を取りチャネルインパルス応答を計算するものである。IEEE802.11ad/ay をベースとしており、空中線電力や、占有帯域幅、不要発射の強度等は現行の小電力データ通信システムと同じであり、違いは、用途と変調方式、通信の相手方のみである。またシステム間共用のため、電波を発射する前に IEEE802.11ad/ay システムと同じキャリアセンスを行うため、他システムとの共用条件は変わらない。IEEE802.11ad/ay システムや他システムとも共用可能となる。このため、現行の技術基準条件と同等であり、同等の技術基準で、レーダー用途も規定することとする。

キャリアセンス規定については、小電力データ通信システムに、IEEE802.11ad のシステムを導入したときと同様、今後の各種システムの利用・普及促進の観点から「混信を防止するため、電波発射の可否を、他の無線局から発射される電波を検出し、又は受信信号を演算し信号レベルを検出することにより判定すること」ととどめるものとし、具体的な方法やキャリアセンスレベルについては、今後、各業界団体等において実情に沿って策定された基準を適用することとする。

なお、小電力データ通信システムのうち空中線電力が10mW以下のものについては、キャリアセンス機能の実装は不要とされているが、ミリ波レーダーシステムは、空中線利得も小さく、他の無線システムへの影響を鑑み、キャリアセンスは必要とするものとする。

¹³ 「電磁波の人体保護基準」（科学技術情報通信部告示第2019-4号）（2019年1月16日一部改正）
<http://www.law.go.kr/LSW/admRulLsInfoP.do?admRulId=2040745&cfYd=&admRulNm=%EC%A0%84%EC%9E%90%ED%8C%8C%EC%9D%B8%EC%B2%B4%EB%B3%B4%ED%98%B8%EA%B8%B0%EC%A4%80#AJAX>

¹⁴ Natoinal Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China
<http://www.nhc.gov.cn/zwgkzt/pgw/201212/34317.shtml>
 GB 9175-88 「环境电磁波卫生标准（環境電磁波健康基準）」
<http://www.nhc.gov.cn/ewebeditor/uploadfile/2014/11/20141103161157888.pdf>

3-3 60GHz 帯小電力データ通信システム

現在の60GHz帯無線システムの最大の特徴はアクティブ・アンテナアレイを用いたビームフォーミングを活用し通信品質を確保することにある。アクティブ・アンテナアレイの製作では、60GHz帯信号が伝送路において大きな損失を被るため、RF信号(60GHz帯)の伝送路を極めて短くする必要がある。このため、周波数変換部・移相器・電力増幅器等のRF回路とアンテナアレイの各素子が一体となったRFアンテナ・モジュール(高周波部)が開発され、変復調部は中間周波数信号を入出力するモデム・モジュールとして開発される。

したがって、60GHz帯無線システムは一般的にRFアンテナ・モジュールとモデム・モジュールを中間周波数帯(例:10GHz)の同軸ケーブルで接続するという形態になる。

例えば、図3-3-1におけるVRで使用される60GHz帯無線システムの構成は[デスクトップPC拡張ボード上のモデム・モジュール]→[同軸ケーブル]→[RFアンテナ・モジュール]→(60GHz無線)→[HMDに実装されたWiGigトランシーバ]となる。

同軸ケーブルはRFアンテナ・モジュールを適切な場所に設置するため、その長さは2~3m必要である。

現行、筐体条件として、「送信機は、一の筐体に収められており、かつ、容易に開けることができないこと」と規定されているが、このようなシステム構成では、満たすことができないため、筐体条件について検討する。



図3-3-1 60GHz帯無線システムの構成

筐体条件は、1990年代に制定された不正改造防止を目的とした規定である。

図3-3-2にビームフォーミングを行うアクティブアンテナを用いた60GHz無線システムの一般的な構成例を示すが、実用上の性能はアンテナの設置場所に大きく左右される為、2つのモジュール（モデム・モジュールとRFアンテナモジュール）を損失が60GHzに比べ小さいIF帯高周波同軸ケーブルで接続する構成となる。

以下において、不正改造防止の観点から考察する。

- ①モデムモジュールとRFアンテナモジュールは各社・各製品独自のプロトコルでハンドシェイクを行うことで初めて一つの無線システムとして機能する。このプロトコルは非開示であり他社のモジュールと取り換えて動作させることは不可能。
- ②アンテナモジュール各部の制御プロトコルも各社・各製品独自に開発され非開示。
- ③RFアンテナモジュールを制御するデータはモデムモジュール内のOTPメモリ（One-Time-Programmableメモリ：1回だけ書き込めるメモリ）に格納され、ユーザのアクセスは不可能。
- ④同軸ケーブルで各信号を伝送する際の回路仕様も各社が独自に設計。

また、高周波同軸ケーブルではモデムモジュールとRFアンテナモジュール間で3種類の信号が伝送される。

- ①RFアンテナモジュールを制御するデータ信号（各社/各製品独自のプロトコルを用いる）
 - a)モデムモジュールとRFアンテナモジュールのコネクション確立のためのハンドシェイク
 - b)RFアンテナモジュールの各機能（周波数変換、移相器、電力増幅器など）の制御
 - c)接続されるモジュール同士がペアとなるべき製品かをチェック
- ②中間周波数帯で変調されたデータ信号（無線で伝送したい情報：HDMI、USB、IPパケットなど）
- ③RFアンテナモジュールに電源の電力を供給するための直流信号

□

上記3種類の信号を高周波ケーブルに乗せるハードウェア（回路仕様：(x)）も各社独自の仕様。

以上の考察及び信号の伝送の仕組みから、本システムが同軸ケーブルで接続された2つのモジュールで構成されていても、片方のモジュールを交換して使用する様な改ざんは不可能と判断して妥当と考える。

このため、筐体条件は、「高周波部及び変調部は、容易に開けることができないこと。」とする。

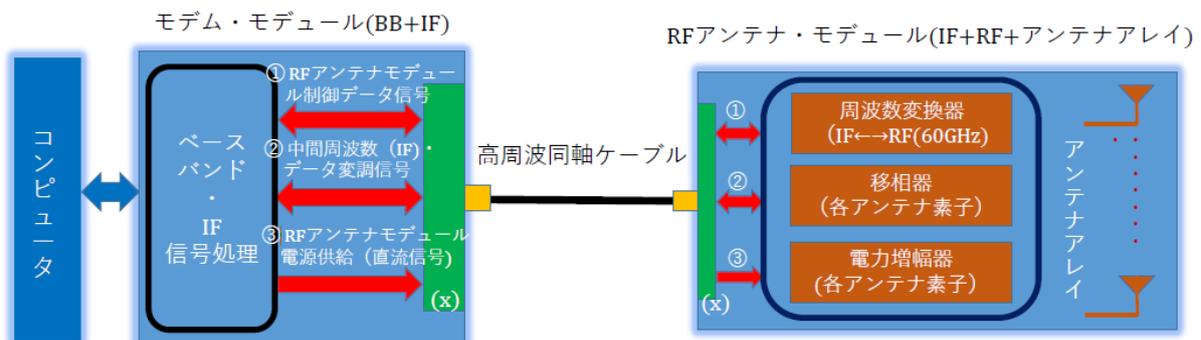


図3-3-2 ビームフォーミングを行うアクティブアンテナを用いた60GHz無線システムの一般的な構成及び伝送信号

(出典：60GHz無線設備作業班（第1回）資料作60作1-8のインテル（株）様の資料からの抜粋)

第4章 他の無線システムとの共用検討

- 4-1 干渉検討の条件
- 4-2 干渉検討対象システム
- 4-3 60GHz無線システム
- 4-4 ミリ波レーダー
- 4-5 FPU
- 4-6 探査衛星業務
- 4-7 電波電波天文

第5章 電波防護指針

5-1 電波防護指針

我が国では、人体に影響を及ぼさない電波の強さの指針値等が「電波防護指針」（電気通信技術審議会答申 諮問第38号「電波利用における人体の防護指針」（平成2年6月答申。平成9年、平成23年、平成27年、平成30年にそれぞれ一部改定。））として定められている。そのため、電波利用システムは、その運用形態に応じて、電波防護指針に適合するようシステムを設計する必要がある。

5-2 60GHz帯無線設備における電波防護指針の適合について

人体から20cm以内に近接した場合における60GHz帯無線設備から発射される電波の強度は、電波防護指針における一般環境の電磁界強度（6分間平均値）の指針値（60GHz帯に適用される指針値（抜粋）を表5-2-1に示す）に適合する必要がある。

57-64GHz帯の小電力広帯域ミリ波レーダーについては、局所吸収指針の適用範囲において、適用除外となる電力（表5-2-2）となっている。空中線電力の平均電力が適用除外となる電力以下の無線局については、仮に無線局の全出力が身体のごく一部に吸収される場合でも、入射電力密度の電波防護指針を満たしており、入射電力密度を評価する必要はない。ただし、当該無線設備と同一の筐体に収められた他の無線設備（総務大臣が別に告示するものに限る。）が同時に複数の電波を発射する機能を有する場合にあっては、総務大臣が別に告示する方法により算出した総合照射比が1以下でなければならない。

57-66GHz帯の広帯域のミリ波レーダー及び57-66GHz帯小電力データ通信システムについては、指針値を超える可能性があるため、電波防護指針に適合するために必要な措置を講じていくことが必要である。

表5-2-1 一般環境の電磁界強度（6分間平均値）の指針値（抜粋）

周波数 f	入射電力束密度	平均時間
30GHz~300GHz	2[mW/cm ²]	6分

表5-2-2 一般環境における6GHz以上の局所吸収指針の適用除外となる電力

周波数 f	適用除外となる電力	平均時間
30GHz~300GHz	2[mW]	6分

第6章 60GHz帯の周波数の電波を使用する無線設備の技術的条件

第4章までの検討結果を踏まえ、本章では60GHz帯の周波数の電波を使用する無線設備の高度化に係る技術的条件を以下のとおり取りまとめた。

6-1 60GHz帯小電力広帯域ミリ波レーダー（キャリアセンス無し）の技術的条件

6-1-1 一般条件

(1) 周波数帯

使用する周波数帯は、57.0GHzから64.0GHzまでとする。

(2) 変調方式【要確認】

周波数変調であり、連続波方式（間欠的連続波方式を除く。）により送信するものであること。

(3) システム設計上の条件

ア 無線設備の筐体

空中線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こと。

イ 送信時間制御【要確認】

特定の時間内における電波発射可能な時間率は10%以内であること。なお、特定の時間内は33ミリ秒以内とする。

(4) 混信防止機能

受信した電波の変調方式その他の特性を識別することにより、自局が送信した電波の反射波と他の無線局が送信した電波を判別できるもの。

6-1-2 無線設備の技術的条件

6-1-2-1 送信装置

(1) 空中線電力

尖頭電力10mW以下であること。

(2) 空中線電力の許容偏差

上限50%、下限70%であること。

(3) 空中線利得

規定しない

(4) 等価等方輻射電力

13dBm以下であること。

(5) 周波数の許容偏差【要確認】

指定周波数帯によることが出来るものとする。

(6) 占有周波数帯域幅の許容値【要確認】

7GHz以下とする。

(7) 帯域外領域における不要発射の強度の許容値（参照帯域幅）

周波数	尖頭電力
55.62GHz以下	-30dBm/MHz以下
55.62GHzを超え57GHz以下	-26dBm/MHz以下
64GHzを超え67.5GHz以下	-26dBm/MHz以下
67.5GHzを超えるもの	-30dBm/MHz以下

6-1-2-2 受信装置

(1) 副次的に発する電波等の限度

副次的に発する電波等の限度については、1GHz 未満において 4 nW/100 kHz 以下、1GHz 以上において 20nW/1 MHz 以下とする。

6-1-3 測定法

国内で適用されている測定法に準ずることが適当であるが、今後、国際電気標準会議 (IEC) 等の国際的な動向を踏まえて対応することが望ましい。

単一の送受信装置 (複数の送受信空中線及び送信増幅部を有する装置を含む。) の場合には、以下のとおりとすることが適当である。

6-1-3-1 送信装置

周波数の偏差

(1) 空中線測定端子付きの場合

試験機器の空中線測定端子にて、無変調波 (搬送波) を送信した状態で、周波数計を用いて平均値 (バースト波にあってはバースト内の平均値) を測定し、空中線測定端子における測定値 (複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子における測定値) のうち周波数の偏差が最大であるものを周波数の偏差とすること。また、技術基準が指定周波数帯幅で規定される場合は、占有周波数帯幅の測定においてスペクトル分布の上限及び下限周波数が指定周波数帯内にあることをもって確認する。

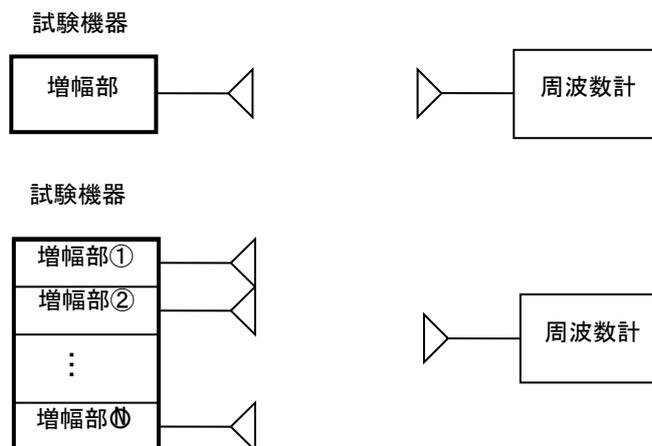
(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 試験機器の空中線ごとに測定する場合

周波数計に測定用空中線を接続し、(1)と同様にして測定することが適当である。

イ 試験機器の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。



占有周波数帯幅

(1) 空中線測定端子付きの場合

試験機器の空中線測定端子 (複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測

定端子)にて、FM-CW方式等のレーダーでは通常の変調で連続して送信している状態又は標準符号化試験信号(符号長511ビット2値疑似雑音系列等。以下同じ。)により変調をかけた状態において得られるスペクトル分布の全電力についてスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、全電力の0.5%となる周波数幅を測定すること。

なお、スペクトル分布の電力最大点(キャリアリーク等を除く)から測定系の雑音レベルまで余裕がなく電力積算に影響を与える場合は、分解能帯域幅を1MHzとした状態でキャリアリーク等を除く電力最大点から23dB減衰する点の上限周波数と下限周波数の差を用いることができる。また、23dB低下した点が複数ある場合は、最も高い周波数と最も低い周波数の幅とする。

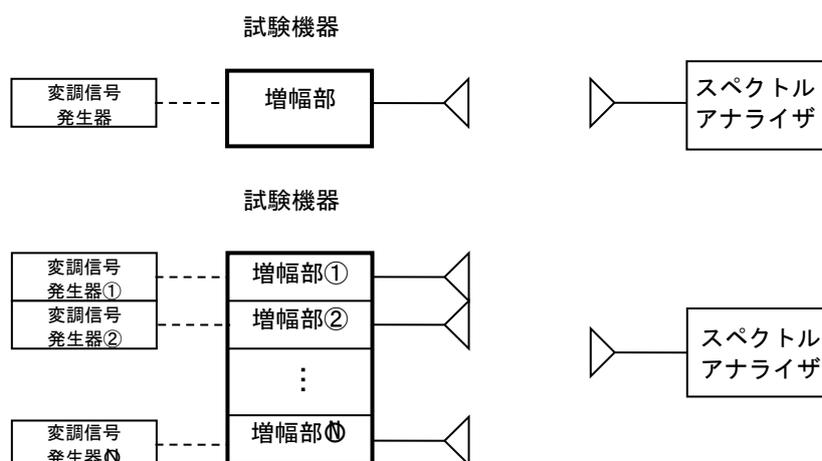
(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 試験機器の空中線ごとに測定する場合

スペクトルアナライザに測定用空中線を接続し、(1)と同様にして測定することが適当である。

イ 試験機器の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。



空中線電力

(1) 空中線測定端子付きの場合

試験機器の空中線測定端子(複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子)にて、FM-CW方式等のレーダーでは通常の変調で連続して送信している状態又は標準符号化試験信号により変調をかけた状態における平均電力(尖頭電力で規定される場合は尖頭電力)を、スペクトルアナライザ、高周波電力計等を用いて測定する。なお、複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子で測定した測定値の総和を空中線電力とすること。

また、連続送信波により測定することが望ましいが、バースト送信波にて測定する場合

は、送信時間率が最大となるバースト繰り返し周期よりも十分長い期間における平均電力を測定し、その測定値に最大の送信時間率の逆数を乗じて平均電力とすることが適当である。

(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 試験機器の空中線ごとに測定する場合

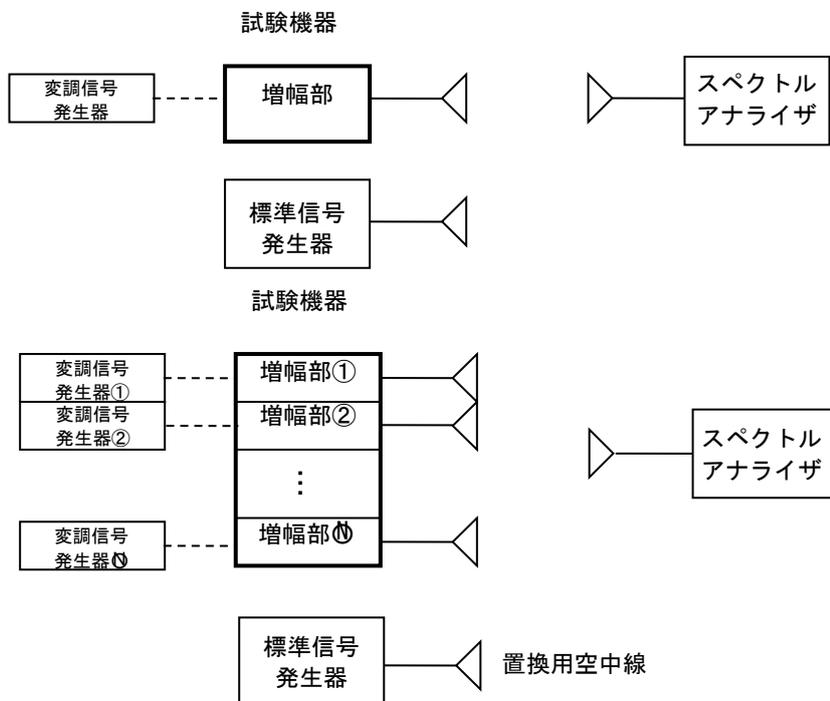
測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて、スペクトルアナライザ等に測定用空中線を接続し、その他の条件は(1)と同様にして等価等方輻射電力を測定すること。この場合において、測定用空中線は指向性のものを用いること。また、試験機器の空中線開口径に留意し、遠方界条件を満たす 試験機器と測定用空中線との離隔距離(試験機器の空中線開口径が小さく遠方界条件を満たす場合は 3m 以下の離隔距離とすることができる。)を確保すること。

なお、給電点での空中線電力は、等価等方輻射電力の測定値に、測定する周波数帯における送信空中線利得(工事設計書等に記載された値)を除いて換算を行うものとする。

イ 試験機器の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、試験機器の空中線の種類及び利得が異なる場合においては、空中線配置の中心を放射中心と仮定して測定し、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を等価等方輻射電力の測定値とすること。



帯域外領域における不要発射の強度

帯域外領域における不要発射の強度の測定は、以下のとおりとすることが適当である。

(1) 空中線測定端子付きの場合

試験機器の空中線測定端子（複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子）にて、FM-CW方式等のレーダーでは通常の変調で連続して送信している状態又は標準符号化試験信号により変調をかけた状態における平均電力（バースト波にあつてはバースト内の平均電力）を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。

なお、複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子で測定した測定値の総和を不要発射の強度とすること。

この場合において、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、1MHz に設定することが適当である。

(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 試験機器の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、スペクトルアナライザ等に測定用空中線を接続し、その他の条件は(1)と同様にして等価等方輻射電力を測定すること。この場合において、測定用空中線は指向性のものを用いること。また、試験機器の空中線開口径に留意し、遠方界条件を満たす試験機器と測定用空中線との離隔距離（試験機器の空中線開口径が小さく遠方界条件を満たす場合は 3m 以下の離隔距離とすることができる。）を確保すること。

なお、給電点での不要発射強度の電力は、等価等方輻射電力の測定値に測定する周波数帯における送信空中線利得（工事設計書等に記載された値）を除いて換算を行うものとする。

イ 試験機器の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、試験機器空中線の種類及び利得が異なる場合においては、空中線配置の中心を放射中心と仮定して測定し、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を測定値とすること。

6-1-3-2 スプリアス領域における不要発射の強度

スプリアス領域における不要発射の強度の測定は、以下のとおりとすることが適当である。この場合において、参照帯域幅は 1MHz とし、スプリアス領域における不要発射の強度の測定を行う周波数範囲については、30MHz から 2 次高調波までとする。ただし、導波管を用いるものは測定周波数の下限をカットオフ周波数の 0.7 倍からとする他、導波管フィルタ及びデュープレッサ等による周波数特性により、不要発射が技術基準を満足することが明らかな場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。また、下限周波数

においてカットオフ周波数の 0.7 倍としているが、導波管が十分に長く技術基準を十分満足するカットオフ減衰量が得られることが証明できる場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。

なお、67.5GHz を超える周波数範囲において測定系のダイナミックレンジ不足等により測定が困難である場合は、製造者の設計資料等を用いて技術基準適合に関する審査を行い、不要発射が技術基準を満足することが明らかな場合その周波数範囲の測定を省略することができる。

(1) 空中線測定端子付きの場合

試験機器の空中線測定端子（複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子）にて、FM-CW 方式等のレーダーでは通常の変調で連続して送信している状態又は標準符号化試験信号により変調をかけた状態における平均電力（バースト波にあつてはバースト内の平均電力）を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。

なお、複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子で測定した測定値の総和を不要発射の強度とすること。この場合において、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、1MHz に設定することが適当である。

(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 試験機器の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、スペクトルアナライザ等に測定用空中線を接続し、その他の条件は(1)と同様にして等価等方輻射電力を測定すること。この場合において、測定用空中線は指向性のものを用いること。また、試験機器の空中線開口径に留意し、遠方界条件を満たす試験機器と測定用空中線との離隔距離（試験機器の空中線開口径が小さく遠方界条件を満たす場合は 3m 以下の離隔距離とすることができる。）を確保すること。

なお、給電点での不要発射強度の電力は、等価等方輻射電力の測定値に測定する周波数帯における送信空中線利得（試験申込者申告値）を除いて換算を行うものとする。

イ 試験機器の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、試験機器空中線の種類及び利得が異なる場合においては、空中線配置の中心を放射中心と仮定して測定し、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を測定値とすること。

6-1-3-3 受信装置

副次的に発する電波等の限度

試験機器を連続受信等の状態に設定し、空中線測定端子（複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子）にて、スペクトルアナライザを用いて測定する。な

お、複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子で測定した測定値の総和を副次的に発する電波等の強度とすること。この場合において、副次発射の強度の測定を行う周波数範囲については、30MHz から 2 次高調波までとする。ただし、導波管を用いるものは測定周波数の下限をカットオフ周波数の 0.7 倍からとする他、導波管フィルタ及びデュープレッサ等による周波数特性により、副次発射が技術基準を満足することが明らかな場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。また、下限周波数においてカットオフ周波数の 0.7 倍としているが、導波管が十分に長く技術基準を十分満足するカットオフ減衰量が得られることが証明できる場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。

なお、測定系のダイナミックレンジ不足等により測定が困難である場合は、製造者の設計資料等を用いて技術基準適合に関する審査を行い、副次発射が技術基準を満足することが明らかな場合その周波数範囲の測定を省略することができる。

試験機器の空中線測定端子無しの場合は、不要発射の強度の測定法の空中線測定端子無しの場合に準ずることが適当である。

6-1-3-4 送信装置又は受信装置以外の装置 送信時間制御機能

空中線測定端子付きの場合は、送信時間率が最大となるバースト長及びバースト繰り返し周期の状態に試験機器を設定し、オシロスコープ又はスペクトルアナライザのタイムドメインモード等を用いて、特定の時間内（33 ミリ秒）における試験機器の送信時間及び送信時間率の測定を行うことが適当である。

試験機器の空中線測定端子無しの場合は、空中線測定端子付きの場合に準じて測定を行うことが適当である。

6-2 60GHz 帯小電力広帯域ミリ波レーダー（キャリアセンス有り）の技術的条件

6-2-1 一般条件

(1) 周波数帯

使用する周波数帯は、57.0GHz から 66.0GHz までとする。

(2) 変調方式

規定しない。

(3) システム設計上の条件

ア 無線設備の筐体

高周波部及び変調部は、容易に開けることができないこと。

イ キャリアセンス

送信装置はキャリアセンス機能を備えつけること。キャリアセンス方法は、混信を防止するため、電波発射の可否を、他の無線局から発射される電波を検出し、又は受信信号を演算し信号レベルを検出することにより判定を行うものとする。

(4) 混信防止機能

受信した電波の変調方式その他の特性を識別することにより、自局が送信した電波の反射波と他の無線局が送信した電波を判別できるもの。

6-2-2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

ア 空中線電力

250mW 以下とする。

イ 空中線電力の許容偏差

上限 50%、下限 70%とする。

ウ 空中線利得

47dBi 以下とする。ただし、空中線電力が 10mW を超える場合は、指向性を有し、主輻射方向において、10dBi 以上とし、等価等方輻射電力が 40dBm を超えないものとする。

エ 周波数の許容偏差

±20ppm とする。若しくは、指定周波数帯によることができるものとする。ただし、空中線電力が 10mW 以下のものについては、±500 ppm とすることができる。若しくは、指定周波数帯によることができるものとする。

オ 占有周波数帯域幅の許容値

9GHz 以下とする。ただし、9GHz から周波数の許容偏差分の帯域幅を減じた値とする。

カ 不要発射の強度の許容値(参照帯域幅)

表 1.1 のとおりとする。

周波数	平均電力
55.62GHz 以下	-30dBm/MHz 以下
55.62GHz を超え 57GHz 以下	-26dBm/MHz 以下
66GHz を超え 67.5GHz 以下	-26dBm/MHz 以下
67.5GHz を超えるもの	-30dBm/MHz 以下

(2) 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、1GHz未満において4 nW/100 kHz以下、1GHz以上において20nW/1 MHz以下とする。

6-2-3 電波防護指針

電波防護指針に適合すること。

6-2-4 測定法

国内で適用されている測定法に準ずることが適当であるが、今後、国際電気標準会議(IEC)等の国際的な動向を踏まえて対応することが望ましい。

単一の送受信装置(複数の送受信空中線及び送信増幅部を有する装置を含む。)の場合においては、以下のとおりとすることが適当である。

6-2-4-1 送信装置

周波数の偏差

(1) 空中線測定端子付きの場合

試験機器の空中線測定端子にて、無変調波(搬送波)を送信した状態で、周波数計を用いて平均値(バースト波にあってはバースト内の平均値)を測定し、空中線測定端子における測定値(複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子における測定値)のうち周波数の偏差が最大であるものを周波数の偏差とすること。また、技術基準が指定周波数帯幅で規定される場合は、占有周波数帯幅の測定においてスペクトル分布の上限及び下限周波数が指定周波数帯内にあることをもって確認する。

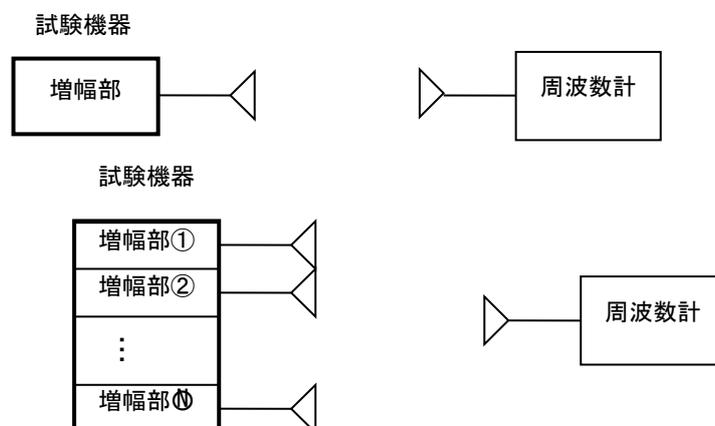
(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 試験機器の空中線ごとに測定する場合

周波数計に測定用空中線を接続し、(1)と同様にして測定することが適当である。

イ 試験機器の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。



占有周波数帯幅

(1) 空中線測定端子付きの場合

試験機器の空中線測定端子（複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子）にて、標準符号化試験信号（符号長 511 ビット 2 値疑似雑音系列等。以下同じ。）により変調をかけた状態において得られるスペクトル分布の全電力についてスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、全電力の 0.5%となる周波数幅を測定すること。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

なお、スペクトル分布の電力最大点（キャリアリーク等を除く）から測定系の雑音レベルまで余裕がなく電力積算に影響を与える場合は、分解能帯域幅を 1MHz とした状態でキャリアリーク等を除く電力最大点から 23dB 減衰する点の上限周波数と下限周波数の差を用いることができる。また、23dB 低下した点が複数ある場合は、最も高い周波数と最も低い周波数の幅とする。

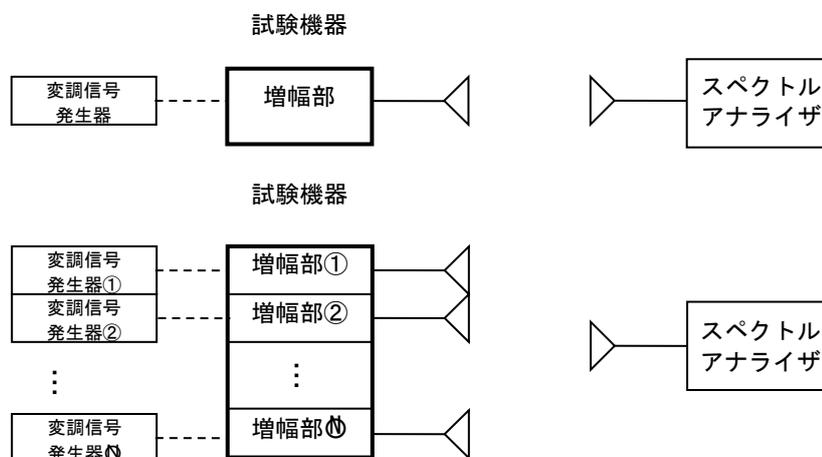
(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 試験機器の空中線ごとに測定する場合

スペクトルアナライザに測定用空中線を接続し、(1)と同様にして測定することが適当である。

イ 試験機器の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。



空中線電力

(1) 空中線測定端子付きの場合

試験機器の空中線測定端子（複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子）にて、標準符号化試験信号を入力信号端子に加えたときの平均電力（尖頭電力で規定される場合は尖頭電力）を、スペクトルアナライザ、高周波電力計等を用いて測定する。なお、複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子で測定した測定値の総和を空中線電力とすること。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御

符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。また、連続送信波により測定することが望ましいが、バースト送信波にて測定する場合は、送信時間率が最大となるバースト繰り返し周期よりも十分長い期間における平均電力を測定し、その測定値に最大の送信時間率の逆数を乗じて平均電力とすることが適当である。

(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 試験機器の空中線ごとに測定する場合

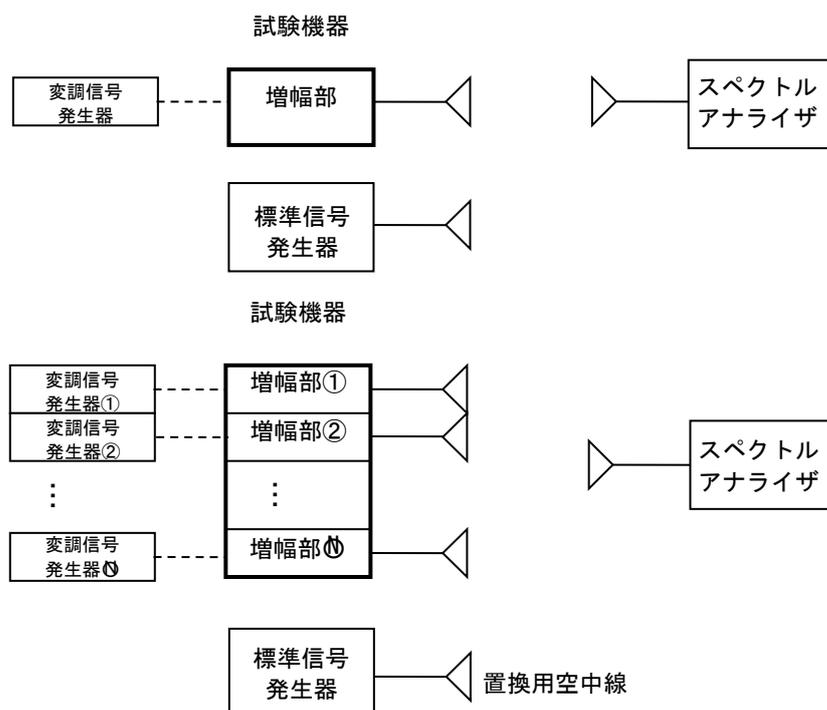
測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて、スペクトルアナライザ等に測定用空中線を接続し、その他の条件は(1)と同様にして等価等方輻射電力を測定すること。この場合において、測定用空中線は指向性のもを用いること。また、試験機器の空中線開口径に留意し、遠方界条件を満たす 試験機器と測定用空中線との離隔距離（試験機器の空中線開口径が小さく遠方界条件を満たす場合は 3m 以下の離隔距離とすることができる。ただし、空中線測定端子を設けることが困難な 60GHz 帯近接システム等の近傍界領域で通信を行う無線設備は、遠方界条件を満たさない場合でも離隔距離を 3m 以下として測定を行うことができる。）を確保すること。

なお、給電点での空中線電力は、等価等方輻射電力の測定値に、測定する周波数帯における送信空中線利得（工事設計書等に記載された値）を除いて換算を行うものとする。

イ 試験機器の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、試験機器の空中線の種類及び利得が異なる場合においては、空中線配置の中心を放射中心と仮定して測定し、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を等価等方輻射電力の測定値とすること。



帯域外領域における不要発射の強度

帯域外領域における不要発射の強度の測定は、以下のとおりとすることが適当である。

(1) 空中線測定端子付きの場合

試験機器の空中線測定端子（複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子）にて、標準符号化試験信号を入力信号として加えたときの不要発射の平均電力（バースト波にあってはバースト内の平均電力）を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。なお、複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子で測定した測定値の総和を不要発射の強度とすること。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

この場合において、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、1MHz に設定することが適当である。

(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 試験機器の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、スペクトルアナライザ等に測定用空中線を接続し、その他の条件は(1)と同様にして等価等方輻射電力を測定すること。この場合において、測定用空中線は指向性のものを用いること。また、試験機器の空中線開口径に留意し、遠方界条件を満たす試験機器と測定用空中線との離隔距離（試験機器の空中線開口径が小さく遠方界条件を満たす場合は 3m 以下の離隔距離とすることができる。ただし、空中線測定端子を設けることが困難な 60GHz 帯近接システム等の近傍界領域で通信を行う無線設備は、遠方界条件を満たさない場合でも離隔距離を 3m 以下として測定を行うことができる。）を確保すること。

なお、給電点での不要発射強度の電力は、等価等方輻射電力の測定値に測定する周波数帯における送信空中線利得（工事設計書等に記載された値）を除いて換算を行うものとする。

イ 試験機器の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、試験機器空中線の種類及び利得が異なる場合においては、空中線配置の中心を放射中心と仮定して測定し、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を測定値とすること。

スプリアス領域における不要発射の強度

スプリアス領域における不要発射の強度の測定は、以下のとおりとすることが適当である。この場合において、参照帯域幅は 1MHz とし、スプリアス領域における不要発射の強度の測定を行う周波数範囲については、30MHz から 2 次高調波までとする。ただし、導波管を用いるものは測定周波数の下限をカットオフ周波数の 0.7 倍からとする他、導波管フィルタ及び

デュープレッサ等による周波数特性により、不要発射が技術基準を満足することが明らかな場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。また、下限周波数においてカットオフ周波数の 0.7 倍としているが、導波管が十分に長く技術基準を十分満足するカットオフ減衰量が得られることが証明できる場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。

なお、67.5GHz を超える周波数範囲において測定系のダイナミックレンジ不足等により測定が困難である場合は、製造者の設計資料等を用いて技術基準適合に関する審査を行い、不要発射が技術基準を満足することが明らかな場合その周波数範囲の測定を省略することができる。

(1) 空中線測定端子付きの場合

試験機器の空中線測定端子（複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子）にて、標準符号化試験信号を入力信号として加えたときの不要発射の平均電力（バースト波にあってはバースト内の平均電力）を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。なお、複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子で測定した測定値の総和を不要発射の強度とすること。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

この場合において、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、1MHz に設定することが適当である。

(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 試験機器の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、スペクトルアナライザ等に測定用空中線を接続し、その他の条件は(1)と同様にして等価等方輻射電力を測定すること。この場合において、測定用空中線は指向性のものを用いること。また、試験機器の空中線開口径に留意し、遠方界条件を満たす試験機器と測定用空中線との離隔距離（試験機器の空中線開口径が小さく遠方界条件を満たす場合は 3m 以下の離隔距離とすることができる。ただし、空中線測定端子を設けることが困難な 60GHz 帯近接システム等の近傍界領域で通信を行う無線設備は、遠方界条件を満たさない場合でも離隔距離を 3m 以下として測定を行うことができる。）を確保すること。

なお、給電点での不要発射強度の電力は、等価等方輻射電力の測定値に測定する周波数帯における送信空中線利得（試験申込者申告値）を除いて換算を行うものとする。

イ 試験機器の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、試験機器空中線の種類及び利得が異なる場合においては、空中線配置の中心を放射中心と仮定して測定し、偏波面が同一でない場合は、直交する偏波面についてそれぞれ測定した値の加算値を測定値とすること。

6-2-4-2 受信装置

副次的に発する電波等の限度

試験機器を連続受信等の状態に設定し、空中線測定端子（複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子）にて、スペクトルアナライザを用いて測定する。なお、複数の空中線測定端子を有する場合はそれぞれの空中線測定端子で測定した測定値の総和を副次的に発する電波等の強度とすること。この場合において、副次発射の強度の測定を行う周波数範囲については、30MHz から 2 次高調波までとする。ただし、導波管を用いるものは測定周波数の下限をカットオフ周波数の 0.7 倍からとする他、導波管フィルタ及びデュープレッサ等による周波数特性により、副次発射が技術基準を満足することが明らかな場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。また、下限周波数においてカットオフ周波数の 0.7 倍としているが、導波管が十分に長く技術基準を十分満足するカットオフ減衰量が得られることが証明できる場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。

なお、測定系のダイナミックレンジ不足等により測定が困難である場合は、製造者の設計資料等を用いて技術基準適合に関する審査を行い、副次発射が技術基準を満足することが明らかな場合その周波数範囲の測定を省略することができる。

試験機器の空中線測定端子無しの場合は、不要発射の強度の測定法の空中線測定端子無しの場合に準ずることが適当である。

6-2-4-3 送信装置又は受信装置以外の装置

キャリアセンス機能

空中線測定端子付きの場合は、キャリアセンス機能が動作する状態に試験機器を設定し、標準信号発生器から規定レベルの無変調信号を試験機器の空中線測定端子から加えた状態において、試験機器が送信動作しないことを確認することが適当である。

試験機器の空中線測定端子無しの場合は、空中線測定端子付きの場合に準じて試験機器が送信動作しないことを確認することが適当である。

6-3 60GHz 帯小電力データ通信システムの技術的条件

60GHz 帯小電力データ通信システムについては、筐体条件のみ変更することとする。

6-3-1 一般条件

(1) システム設計上の条件

ア 無線設備の筐体

高周波部及び変調部は、容易に開けることができないこと。

第7章今後の検討課題等【検討中】

60GHz帯小電力広帯域ミリ波レーダー（キャリアセンス無し）の技術的条件の検討においては、周波数変調であり、連続波方式（間欠的連続波方式を除く。）により送信するものとして、他システムとの周波数共用検討を行った。今後、60GHz帯小電力広帯域ミリ波レーダーの製品の普及状況や国際的な動向、メーカー等からのニーズを鑑み、他の変調方式等においても周波数共用検討を継続することが適当である。

第8章検討結果

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、「60GHz帯の周波数の電波を利用する無線設備の高度化に係る技術的条件」について、別添のとおり技術的条件を取りまとめた。

（現時点で別添省略）

別添 1

情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 構成員一覧

(令和元年5月22日現在 敬称略)

氏名	主要現職
主査委員 安藤 真	独立行政法人国立高等専門学校機構 理事
主査代理 専門委員 浜口 清	国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター 総合研究センター長
委員 森川 博之	東京大学大学院 工学系研究科 教授
専門委員 飯塚 留美	一般財団法人マルチメディア振興センター 電波利用調査部 研究主幹
〃 市川 武男	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
〃 伊藤 数子	特定非営利活動法人 STAND 代表理事
〃 小花 貞夫	国立大学法人 電気通信大学 特任教授 産学官連携センター長
〃 河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授 兼 同大学 未来情報通信医療社会基盤センター長
〃 鈴木 薫	一般社団法人全国陸上無線協会 専務理事
〃 薄田 由紀	日本電気株式会社 電波・誘導事業部 情報システム部 マネージャ
〃 高田 政幸	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部長
〃 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
〃 日野岳 充	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 専務理事
〃 藤野 義之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授
〃 本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃 松井 房樹	一般社団法人電波産業会 代表理事・専務理事・事務局 長
〃 松尾 綾子	株式会社東芝 研究開発本部 本部企画部 兼 研究開発センター 研究企画部 参事
〃 三谷 政昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
〃 三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
〃 吉田 貴容美	日本無線株式会社 研究所 新領域開発企画部 エキスパートリーダー

別添2

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
60GHz 帯無線設備作業班 構成員

(令和元年 5 月 29 日現在)

氏名	ふりがな	所属	役職
【主任】 梅比良 正弘	うめひら まさひろ	国立大学法人茨城大学	教授
【主任代理】 児島 史秀	こじま ふみひで	(国研)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 ワイヤレスシステム研究室	室長
居相 直彦	いあい なおひこ	NHK 放送技術研究所 伝送システム研究部	上級研究員
飯塚 留美	いいつか るみ	(一財)マルチメディア振興センター電波利用調査部	研究主幹
市川 正樹	いちかわ まさき	日本電気(株)ワイヤレスアクセスソリューション事業部	マネージャー
市川 麻里	いちかわ まり	(国研)宇宙航空研究開発機構 周波数管理室	室長
伊東 克俊	いとう かつとし	ソニー(株) RDS プラットフォームシステム研究開発本部基盤技術研究開発第1部門・コネクティビティ技術開発部	統括部長
上田 陽市	うえだ よういち	(一社)電波産業会 研究開発本部 移動通信グループ	主任研究員
浦川 辰也	うらかわ たつや	インフィニオン テクノロジーズ ジャパン(株) パワーマネジメント&マルチマーケット事業本部 RF&センサー	担当部長代理
大石 雅寿	おおいし まさとし	自然科学研究機構 国立天文台 天文情報センター 周波数資源保護室	室長・特任教授
大橋 洋二	おおはし ようじ	富士通(株) 先行技術統括部 ワイヤレスイノベーション部	エキスパート
小竹 信幸	おたけ のぶゆき	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 技術部	部長
小島 仁	こじま ひとし	(株)NHKテクノロジーズファシリティ技術本部 送受信センター ソリューション技術部(受信・調査)	チーフエンジニア

佐々木 邦彦	ささき くにひこ	(株)デンソー 技術開発推進部 国際標準推進室	シニア・テクニカル・アドバイザー
佐々木 謙介	ささき けんすけ	(国研)情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室	研究員
城田 雅一	しろた まさかず	クアルコムジャパン(同)	標準化部長
関 正秀	せき まさひで	Google ハードウェア, デバイス&サービス, キャリアエンジニアリング	アジア太平洋地域統括部長
高橋 和晃	たかはし かずあき	パナソニック(株)インダストリアルソリューション社技術本部	無線技術総括担当
谷口 徹	たにぐち とおる	日本無線(株) 新規事業開発本部	部長
富樫 浩行	とがし ひろゆき	(株)ディーエスピーリサーチ 認証部	部長
豊田 明久	とよだ あきひさ	日本信号(株) 久喜事業所 技術開発本部 久喜統括技術部 インフラ機器事業部	課長
中川 義克	なかがわ よしかつ	インテル(株) 技術政策推進本部	主幹研究員
平木 充	ひらき みつる	ルネサスエレクトロニクス(株) インダストリアルソリューション事業本部 共通技術開発第一統括部	主管技師
藤本 浩	ふじもと ひろし	(一社)日本自動車工業会 ITS 技術部会 移動体通信分科会	分科会長
松下 智昭	まつした ともあき	DX アンテナ(株) 技術規格室	担当課長
三瀬 敏生	みせ としお	三菱電機(株) 交通事業部 計画部 技術グループ	担当部長