

**「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使用する無線設備の高度化に
向けた技術的条件」**

一部答申 概要

(情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 報告)

令和元年10月8日
情報通信審議会

陸上無線通信委員会

主査 東京工業大学 安藤 真

60GHz帯無線設備作業班

主任 茨城大学 梅比良 正弘

作業班構成員 26名

○検討状況

<陸上無線通信委員会>

第49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の報告

第50回(令和元年9月5日)・・・60GHz帯無線設備の高度化に係る技術的条件の検討結果の報告

<60GHz帯無線設備作業班>

第1回(令和元年5月29日)・・・作業班の運営方針、検討の進め方、今後のスケジュール等の確認

第2回(令和元年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の検討

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の検討

第4回(令和元年8月6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の検討

第5回(令和元年9月2日)・・・作業班報告書取りまとめ

■ 検討背景

近年、広帯域のレーダーを使用し、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ーや、人体表面のわずかな動きを捉え、高精度に心拍数や心拍間隔を計測する生体情報センサー、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の小電力データ通信システムにおいて、近年、海外では、新たな送受信装置の構成をとる無線機器が利用されている状況を鑑み、筐体条件の技術基準を見直すことが要望されている。

このため、新たな無線システムの導入等に向け、60GHz帯の周波数の電波を使用する無線設備の高度化について、他の無線システムへの影響を確認した上で、必要な技術的条件の改定を検討するもの。

■ 主な検討項目

- (1) 60GHz帯広帯域センサーシステムの導入に係る技術基準の検討
57-66GHzに広帯域センサーシステムを導入するため、周波数帯や空中線電力、占有周波数帯幅等の技術基準について、他の無線システムへの影響を確認した上で検討。
- (2) 60GHz帯小電力データ通信システムの筐体条件の見直し
アクティブアレイアンテナを搭載した無線装置の中には、アンテナを天井等に取り付けるために高周波部と変調部が分離した構造となるケースがあるため、このような場合でも免許不要局として利用可能となるよう、筐体条件を見直しについて検討。

■ 新たな利用シーン

- ジェスチャーによる電子機器操作
- 人感センサー
- 家庭での見守りサービス、ヘルスチェック
- 介護施設等でのモニタリング等
- 高精度な顔認識

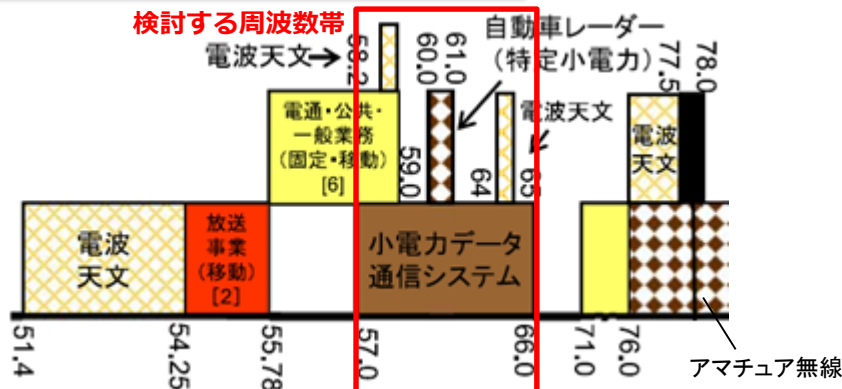


ジェスチャーによる電子機器操作



生体情報センサー

■ 60GHz帯の周波数割り当て状況



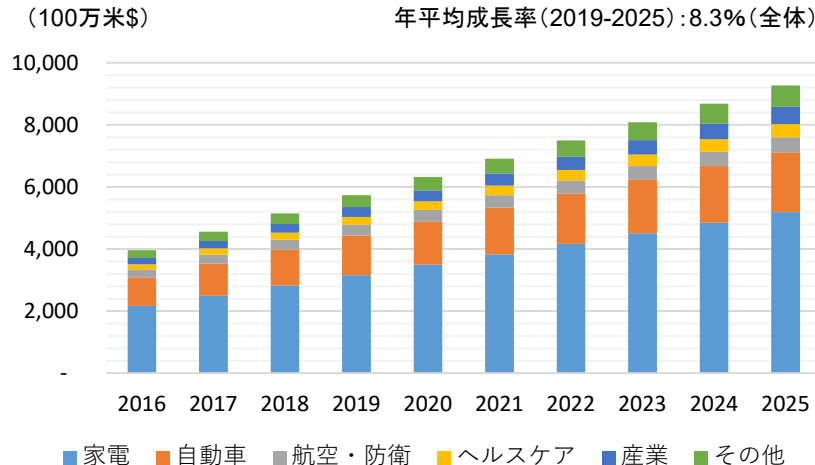
高精度な顔認識

60GHz帯無線システム(モーションセンサーシステム)の普及予測

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、2016年から2025年までのグローバル市場で普及台数ベースで年平均成長率9.2%の伸びが予測されている。また、技術別では、現状、赤外線や超音波によるものが多いが、マイクロ波は、普及台数ベースで年平均成長率10.0%と予測されている。

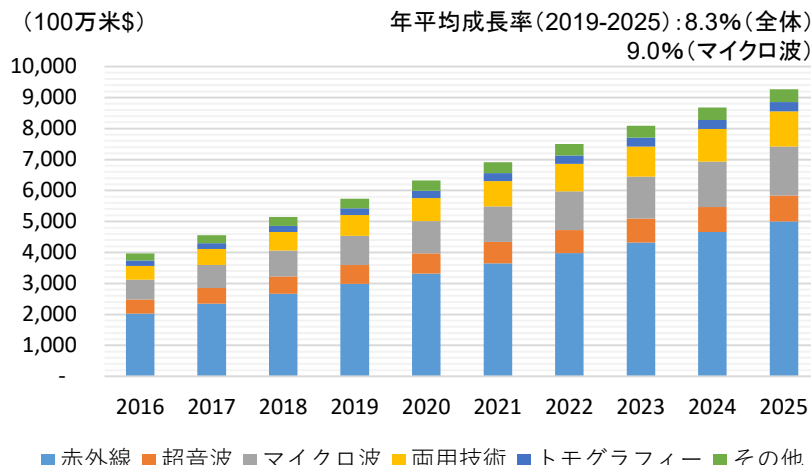
【アプリケーション別】

年平均成長率(2019-2025): 8.3%(全体)



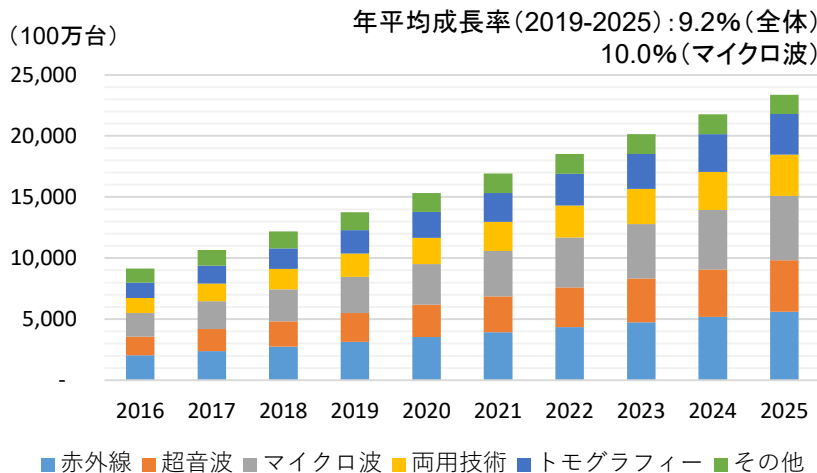
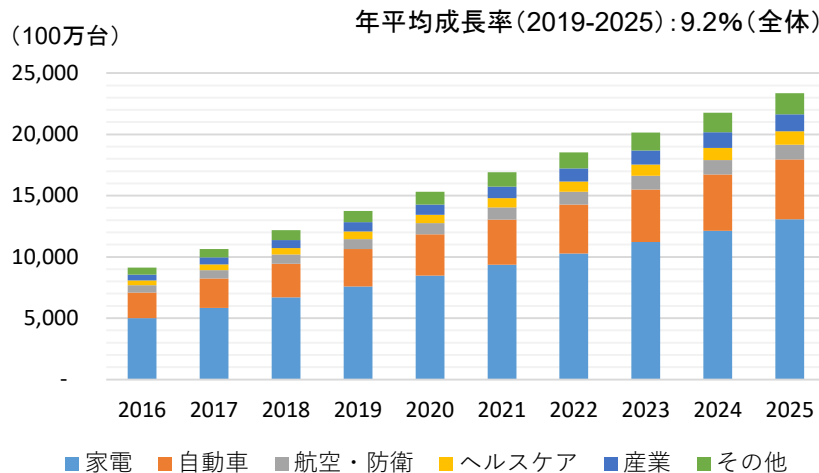
【モーションセンサー技術別】

年平均成長率(2019-2025): 8.3%(全体)
9.0%(マイクロ波)



【市場規模】

【普及台数】



モーションセンサー: 動く物体(特に人の動き)を検出するもの。 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。

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

■高精度な距離分解能

- 本検討において想定するユースケースとなるモーションジェスチャー認識センサーや生体情報の検知・認証には高精度な距離分解能を要することから、最大7GHz程度の占有周波数帯幅が必要となる。
- このため、現行制度化されている60-61GHz帯のミリ波レーダーの帯域幅では十分な分解能を得ることができないことから、現在、小電力データ通信システムに利用されている57-66GHzにおいてレーダー用途での割当てを前提として検討する。

■キャリアセンス機能

- 現行の小電力データ通信システムとの共用を前提とするため、当該システムの技術基準と同じく、10mW超の場合はキャリアセンスを要することとし、10mW以下の場合はキャリアセンス機能を要しないこととする。
- また、小電力レーダーシステムの導入にあたっては、海外でも限定的な運用となっている状況を鑑み、10mW以下の場合であっても、キャリアセンスを要しない場合は、送信時間33ミリ秒以内に対して電波発射可能な時間率を10%以内とする規定を設ける。

概要

- 60GHz帯無線システムは、ノートPCやスマートフォンなどモバイル機器への実装が広がっており、ノートPC用ワイヤレスドッキングステーション等に加え、海外ではVRゲーム用ワイヤレス・ヘッドマウント・ディスプレイ（HMD）が開発され、新しいユーザインタフェースに応用されている。
- 60GHz帯無線システムの筐体条件は、現行規定上、「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」とされているが、近年、海外では、アクティブ・アレイアンテナを用いるため、高周波部と変調部を分け、その間をIFケーブルで接続する製品が発売されている。
- このため、高周波部と変調部が分かれた無線機器についても技術基準適合証明や工事設計認証を取得できるよう、筐体条件として、「高周波部及び変調部が別の筐体に収められている場合には、送信装置としての同一性を維持できる措置が講じられており、かつ、各々が容易に開けることができないこと。」の規定を設ける。

これまでの無線設備の構成 (2.4/5GHz帯の無線設備も同様)

現行の無線設備は、送信機(高周波部+変調部)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構造となっている

アンテナ

高周波部(RF) + MAC/変調部(Base Band)

一の筐体

新しい無線設備の構成

新しい無線設備は、アンテナと高周波部が一の筐体に収められ、そこから変調部までIFケーブルで接続する構成となっている。

アクティブ・アレイアンテナ

RF

10GHz

数メートルの60GHz専用のIFケーブル

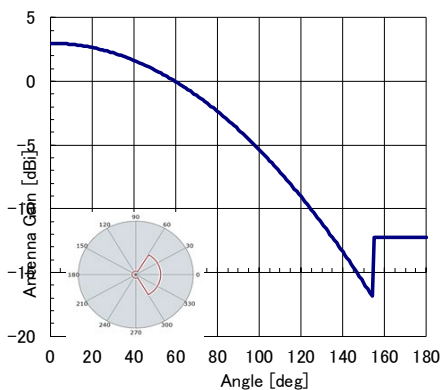
中間周波数(IF) + MAC/Base Band

一の筐体に収めることが難しい

- 本検討においては、新たな無線システムとして導入を想定する、キャリアセンスなし(10mW以下)のミリ波レーダーシステム(ここでは、自動車レーダー等と区別するため、「センサーシステム」と表記する。)と他の無線システムとの干渉について検討する。
- なお、キャリアセンスあり(10mW超)のシステムについては、現行の小電力データ伝送システムと同一の技術基準とするため、他の既存無線システムとの共用条件は変わらないことから、本検討における干渉検討は不要とする。

<ミリ波センサーシステムの主な技術諸元>

電波の型式	F3N
変調方式	FMCW
周波数	57 ~ 64 GHz
占有周波数帯幅	7 GHz以下
空中線電力	10 mW
等価等方輻射電力	+13 dBm
空中線半値角	+ / - 60 deg.
デューティーサイクル	3.3 / 29.7 msec(最大)
キャリアセンス機能	実装無し



Beam= 120 [deg.], G= 3 [dBi],
Sidelobe= 154 [deg.], -16.83 [dBi]

ミリ波センサーシステムのアンテナパターン(シミュレーション)

<干渉検討対象システム>

周波数 (GHz)	システム	
54.25~55.78	放送事業用(FPU)	帯域外
55.78~59.0	電通・公共・一般業務(固定・移動) (エントランス回線)	—※1
57.0~66.0	小電力データ通信システム (WiGig、データ・画像伝送、FWA)	帯域内
60.0~61.0	特定小電力(ミリ波レーダー) (自動車レーダー、障害物検知装置)	帯域内
58.2~59.0	電波天文	帯域外※2
64.0~65.0		
76.0~77.5		
79.0~94.0		
94.1~116.0		
50.3~63.57	地球探査衛星業務(受動)	帯域内

※1 現状、無線局が存在しないため、検討対象外とする。
 ※2 58.2~59.0GHz、64.0~65.0GHzは付加分配の割当てであり、現状、対象設備がないため、検討対象外とする。

他システムとの共用検討 ②検討結果概要

周波数帯	無線システム名	検討結果
57.0～66.0GHz	小電力データ通信システム	
	WiGig（屋内利用）	<ul style="list-style-type: none"> ・机上検討での所要離隔距離は、WiGigの通信距離10m時に5m。 ・実際には、アンテナの指向特性やミリ波センサーシステムの送信時間率等を考慮すると影響は更に小さくなり、共用可能。 ・実機による検証でも机上検討と同様の結果。
	WiGig（屋外利用）	<ul style="list-style-type: none"> ・机上検討での所要離隔距離は、WiGigの通信距離500m時に56m。 ・実際には、Wigigのビーム幅やミリ波センサーの送信時間率等を考慮すると影響は更に小さくなり、共用可能。
60.0～61.0GHz	共同住宅共聴システム	<ul style="list-style-type: none"> ・机上検討での所要離隔距離は、40cm。 ・実機による検証では所要離隔距離8.5cmとなり、実際のシステムへの影響を考慮すると、共用可能。
	特定小電力無線（ミリ波レーダー）	
	踏切障害物検知装置	<ul style="list-style-type: none"> ・机上検討での所要離隔距離は、80m以上（レーダーの検知距離による。） ・実機による検証では、離隔距離5mでも踏切障害物検知装置への干渉の影響はなかったため、実際のシステムへの影響を考慮すると、共用可能。
自動車レーダー	<ul style="list-style-type: none"> ・机上検討での所要離隔距離は、自動車レーダーの検知距離20mで14.7m、50mで96.5m。 ・実際には、相互のシステムの信号の重複や人体による遮蔽の影響を考慮すると、干渉の影響は限定的となり、共用可能。 	

周波数帯	無線システム名	検討結果
54.25～55.78GHz	放送事業用無線局(FPU)	<ul style="list-style-type: none"> ・机上検討での所要離隔距離(正対時)は、161.7m。 ・FPUに正対する位置へのミリ波帯センサーシステムの進入を防ぐなどの運用により、両立可能。
50.3～63.57GHz	地球探査衛星業務(受動)	<ul style="list-style-type: none"> ・机上検討において、地球探査衛星(受動センサー)のフットプリント内のミリ波センサーシステムの集合干渉電力を算出。 ・酸素吸収量が最低となる周波数57.29GHzにおいても許容干渉電力を満足する結果となり、共用可能。
76.0～116.0GHz	電波天文	<ul style="list-style-type: none"> ・机上検討(シングルエントリー)での所要離隔距離は20km超。 ・アグリゲートモデル(30km以内)での検討では、送信出力(帯域外電力)が-50dBm/MHzで干渉マージンを確保。 ・アグリゲートモデルの検証の一例から、ミリ波センサーシステムの実際の利用形態や利用技術などを考慮すると、一定の干渉電力の緩和が見込めることから、使用エリアの制限等の運用調整により両立性が成立する可能性が十分に見込める。

以上の結果から、既存無線システムとの共用は可能。

ただし、机上検討においては、一定の離隔距離が必要となるケースもあることから、実システムの導入においては、以下のような点に留意する必要がある。

- ・ 今後、既存無線システムの通信方式等やミリ波センサーシステムの送信信号条件の変更が生じる場合は、既存無線システムの耐干渉性能を考慮するとともに、実機での再検証を行うことが望ましい。
- ・ 電波天文受信設備への影響を考慮し、製造および販売事業者においては、帯域外輻射電力を最大限抑えること、使用エリアの制限が必要となるケースがあることの注意喚起を行うこと(マニュアルへの記載)といった点に配慮する必要がある。

電波防護指針の適合性

基本的な考え方

- 人体から20cm以内に近接した場合における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局所吸収指針(下表左)に適合する必要がある。また、それ以外の場合においては、電磁界強度指針、補助指針又は局所吸収指針のいずれか1つを満たせば基礎指針を満たしていると判断できる。
- 57-64GHz帯の小電力広帯域ミリ波レーダーについては、送信出力10mWであるが、電波発射可能な時間率が10%以内であることを考慮すると、局所吸収指針の適用除外となる。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。また、局所吸収指針の一般環境における全身平均SAR(比吸収率(SAR)を全身にわたり平均したもの)についても同様に、仮に無線局の全出力が全身に吸収される場合でも、局所吸収指針の適用範囲において要件を満たすものと考えられる。
- 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、57-66GHz帯小電力データ通信システムの現行規定と同等の技術基準となるが、人体の近傍で利用するケースにおいては指針値を超える可能性があるため、利用ケースに応じて送信出力の低減、通信機能、または送信時間を考慮する等、電波防護指針に適合するための措置を講じていくことが必要である。

所吸収指針(一般環境)における要件(抜粋)

周波数	要件	指針値
100kHz以上 300GHz以下	全身平均SAR*	0.08W/kg
30GHzを超え 300GHz以下	入射電力密度	任意の体表面1cm ² 当たり2mW

*比吸収率(SAR)を全身にわたり平均したもの

局所吸収指針(一般環境)の適用除外となる
空中線電力(6分間平均値)(抜粋)

周波数	空中線電力
30GHzを超え300GHz以下	2[mW]

技術的条件(概要)

		新規ミリ波レーダ (キャリアセンス無し)	新規ミリ波レーダ (キャリアセンス有り)	小電力データ通信
用途		無線標定	無線標定	データ通信
周波数		57-64GHz	57-66GHz	<p>現行の技術的条件から変更なし</p> <p>現行の小電力データ通信システムの技術的条件と同じ</p>
空中線電力	平均	-	24dBm以下 ※型式により平均・尖頭の適用が決定	
	尖頭	10dBm		
空中線利得		-	10dBi以上	
EIRP (等価等方輻射電力)	平均	13dBm	40dBm ※型式により平均・尖頭の適用が決定	
	尖頭			
変調方式		周波数変調であり、連続波方式	-	
占有周波数帯幅の許容値		7GHz	9GHz	
不要発射の強度の許容値		55.62GHz以下: -30dBm/MHz 55.62を超え57GHz以下: -26dBm/MHz 64を超え67.5GHz以下: -26dBm/MHz 67.5GHzを超えるもの: -30dBm/MHz	55.62GHz以下: -30dBm/MHz 55.62を超え57GHz以下: -26dBm/MHz 66を超え67.5GHz以下: -26dBm/MHz 67.5GHzを超えるもの: -30dBm/MHz	
その他		特定の時間内(33ミリ秒以内)における電波発射可能な時間率は10%以内	キャリアセンス	
人体への電波ばく露許容値(電力密度)		任意の体表面1cm ² あたり2mW/cm ²	任意の体表面1cm ² あたり2mW/cm ²	
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。		
その他		電波の発射を停止する機能を有すること。	-	
筐体条件		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。また、高周波部及び変調部が別の筐体に収められている場合にあっては、送信装置としての同一性を維持できる措置が講じられており、かつ、各々が容易に開けることができないこと。		

○新たな技術基準の整備に係る留意事項

- 今回、小電力広帯域ミリ波レーダー(キャリアセンス無し)については、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について技術基準の検討を行った。
- 今後、当該システムの製品の普及状況や国内外の技術動向及び市場ニーズ等に応じて、他の変調方式の導入等の技術基準の見直しを図ることが適当である。
- 60GHz帯小電力データ通信システムとの共用検討においては、小電力広帯域ミリ波レーダーが現行システムと同じような利用形態となることを前提としており、今後、同帯域を使用する免許不要局の普及状況、技術動向や諸外国の動向に注視しつつ、必要に応じて適切な技術基準として見直しを図ることが適当である。

○電波防護指針の適合について

- 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、57-66GHz帯小電力データ通信システムの現行規定と同等の技術基準となるが、人体の近傍で利用するケースにおいては指針値を超える可能性があるため、利用ケースに応じて送信出力の低減、通信機能、または送信時間を考慮する等、電波防護指針に適合するための措置を講じていくことが必要である。
- 身体に近接して利用されるミリ波帯通信デバイスの電波防護指針への適合性評価手法に関しては、国際的な動向を踏まえながら、必要に応じて正確かつ効率的な評価手法の整備について検討することが望ましい。