

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)

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
「60GHz 帯の周波数の電波を使用する無線設備の多様化に
向けた技術的条件」

目次

I 検討事項	4
II 委員会及び作業班の構成	4
III 検討経過	4
IV 検討概要	6
第1章 60GHz 帯小電力広帯域センサーシステムの概要	6
1-1 検討の背景	6
1-2 60GHz 帯の広帯域センサーシステムの導入に係るこれまでの経緯	6
1-3 広帯域センサーシステムのユースケース	9
1-4 諸外国の規制動向	9
第2章 パルス変調方式のセンサーシステムの要求条件	12
2-1 パルス変調方式のセンサーシステムの特徴	12
2-2 パルス変調方式のセンサーシステムのユースケース	16
2-3 パルス変調方式のセンサーシステムの要求条件	17
(1)検知性能	17
(2)送信時間制限	18
第3章 他の無線システムとの共用検討	20
3-1 干渉検討の対象システム	20
3-2 干渉検討の手法	21
3-3 他の無線システムとの共用検討	26
3-3-1 小電力データ通信システム	26
3-3-2 ミリ波レーダー	47
3-3-3 固定局(エントランス回線)	58
3-3-4 放送事業用移動局(FPU)	61
3-3-5 地球探査衛星業務(受動)	64
3-3-6 電波天文	67
3-4 広帯域センサー同士の共用	75
第4章 パルス変調方式の 60GHz 帯小電力広帯域センサーシステムの技術的条 件	81
4-1 一般条件	81
4-2 無線設備の技術的条件	83
4-2-1 送信装置	83
4-2-2 受信装置	84
4-3 測定法	84
第5章 今後の検討課題等	85

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多様化に向けた技術的条件」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、本委員会の下に設置された 60GHz 帯無線設備作業班(以下「作業班」という。)において検討を行った。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 49 回(令和元年5月 17 日)

60GHz 帯広帯域センサーシステム(パルス変調方式)の技術的条件の検討開始の報告を行った。

(2) 第〇回(令和〇年〇月〇日)

(3) 第〇回(令和〇年〇月〇日)

2 60GHz 帯無線設備作業班での検討

(1) 第6回(令和2年7月31日)

作業班の運営方針、検討の進め方及び検討スケジュールについて確認を行うとともに、パルス変調方式のセンサーのユースケース、諸外国の規制動向及び他の無線システムとの共用検討結果について議論した。

(2) 第7回(令和2年9月18日)

他システムとの共用条件及び技術的条件案について検討を行った。

(3) 第8回(令和2年11月20日)

技術的条件案及び委員会報告書案について検討を行った。

(4) 第9回(令和〇年〇月〇日)

IV 検討概要

第1章 60GHz 帯小電力広帯域センサーシステムの概要

1-1 検討の背景

60GHz 帯の周波数の電波を利用する小電力無線局は、これまで、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及び平成 12 年に制度化された 57-66GHz の小電力データ通信システムの無線局として制度整備がなされ、免許不要の無線局として様々な用途で利用されている。60GHz 帯は非常に広帯域の周波数が利用できるため、その広帯域性を利用した高速データ通信としての需要が期待されていたが、ミリ波は直進性が強く、電波の減衰量が大きいことから、通信距離の制約が大きく、普及は限定的となっている。また、無線回路の電力伝送効率が低くなるため、放熱や製造コストの面からも普及の観点で課題があった。

しかし、近年、ミリ波の無線デバイスの技術革新によって、小型化、低廉化が進み、モバイルデバイスへの搭載を想定したモーションジェスチャーセンサーや生体情報センサーなどの新しいアプリケーションの需要が出てきた。このため、昨年度、本委員会において、60GHz 帯の小電力広帯域センサーシステムの導入に向けた技術的条件の検討を行い、本年1月にFMCW方式のセンサーシステムの制度整備がなされた。

今般、この60GHz 帯の小電力広帯域センサーシステムについて、新たな変調方式としてパルス変調方式を導入するため、必要な技術的条件の検討を行うものである。

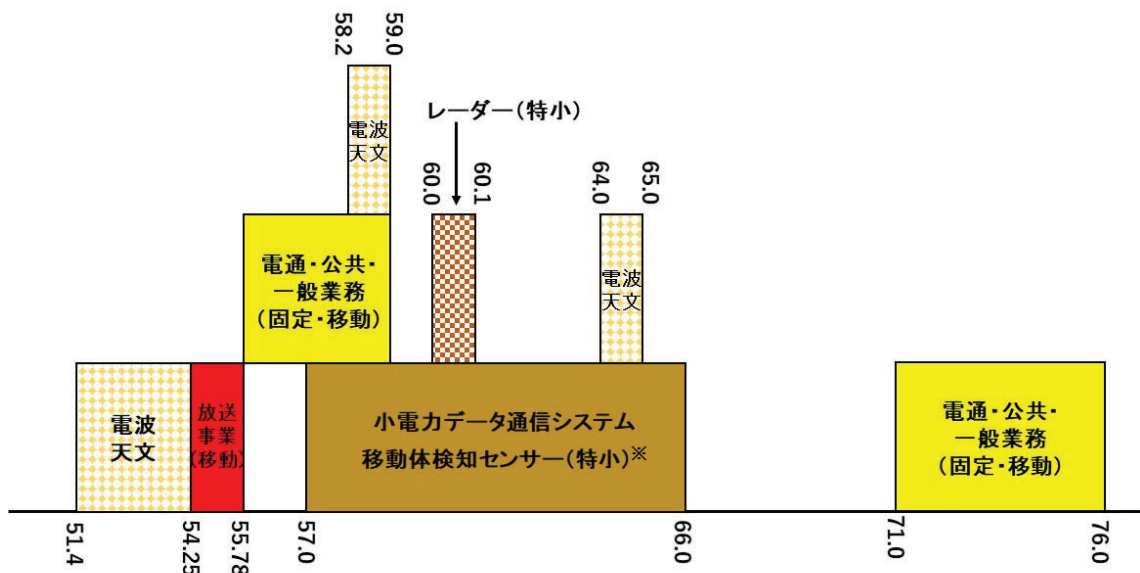
1-2 60GHz 帯の広帯域センサーシステムの導入に係るこれまでの経緯

ミリ波の広帯域性を利用した高精度なセンサーへの需要を踏まえ、令和元年5月に本委員会の下に60GHz 帯無線設備作業班(以下「作業班」という。)を設置し、60GHz 帯小電力広帯域センサーシステムを導入するための技術的条件について検討を開始した。本検討では、ミリ波を用いた小電力広帯域センサーのユースケースや需要を整理し、既存システムとの共用

条件の検討や広帯域センサーの技術的条件について検討を行うとともに、既存の小電力データ通信システムの技術仕様で無線標定を可能とするための技術的条件等についても検討を行った。

モーションジェスチャーセンサーや生体情報センサーといった、高度なセンシングには高精度な距離分解能を要するため、より広い周波数幅が必要となる。特に数 cm 単位の高精度な位置検知が必要となるジェスチャーセンサーについては、7GHz 程度の帯域幅を必要とする。小電力レーダーとしては、既に 60-61GHz 帯のミリ波レーダーが制度化されていたが、1GHz 幅ではこれらの新たな利用形態を満たす距離分解能を得ることができない。このため、小電力データ通信システムとして割当てられている 57-66GHz の周波数帯をレーダー用途として割り当てることを前提とした。

図1-1に 60GHz 帯の周波数の利用状況を示す。



※キャリアセンス不要(10mW以下)のものは57-64_GHz

図1-1 60GHz 帯近傍の周波数の利用状況

広帯域センサーシステムの技術的条件の検討にあたっては、特に同一帯域を利用する小電力データ通信システムとの共用条件から、先行して制度整備がされていた米国の検討状況を踏まえ、変調方式を FMCW 方式に限定することとし、送信出力や送信時間率(デューティ比)の制限等の条件が課されることとなった。以下に令和元年度の情報通信審議会答申(「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「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」)(以下「令和元年度答申」という。)において示された広帯域センサーシステムの要求条件を示す。

広帯域センサーシステムの機能要求条件

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。

今回、パルス変調方式の技術的条件を検討するにあたって、同一帯域及び隣接帯域の既存無線システムへの影響も考慮し、送信出力や送信時間率等の技術的条件について検討することが必要となる。

1-3 広帯域センサーシステムのユースケース

60GHz 帯の広帯域センサーシステムの特徴は、最大 7GHz 幅の広帯域な周波数を利用した高精度な測位機能を有することである。当該システムのユースケースは、令和元年度答申において、スマート家電、個人認証、生体情報取得、自動車室内センシングへの応用例が示されている(図1-2)。

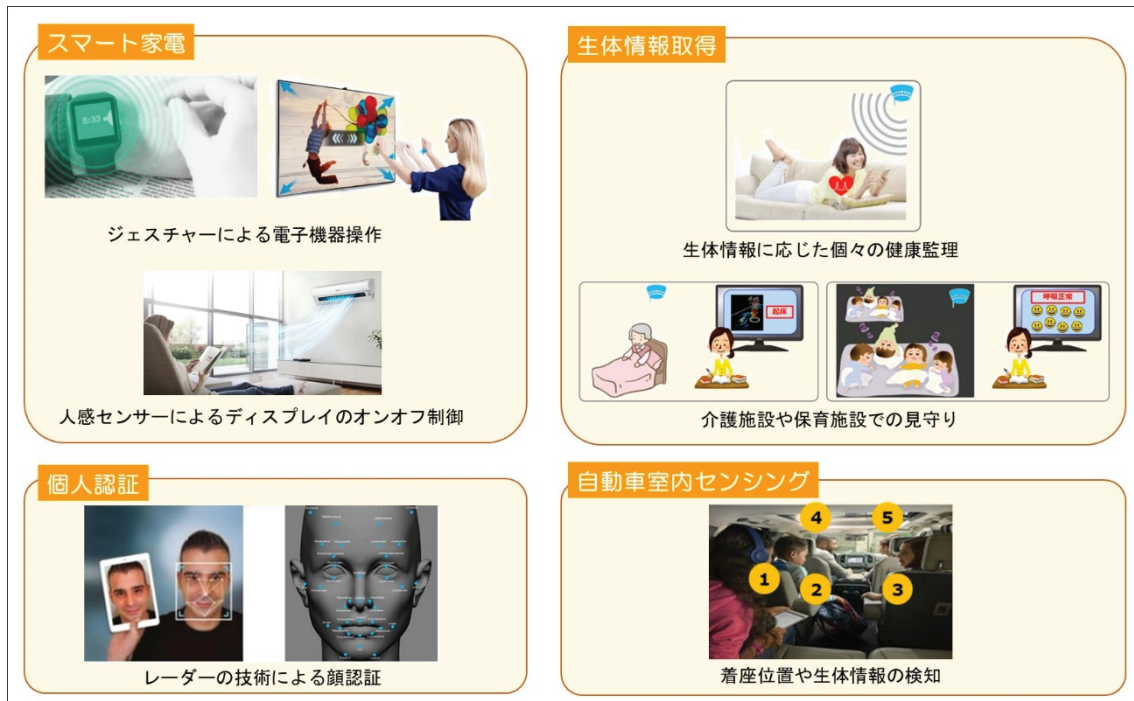


図1-2 広帯域センサーのユースケース

1-4 諸外国の規制動向

諸外国における 60GHz 帯の広帯域センサーシステムに係る技術基準の概要を表1-2に示す。

米国では、固定運用のフィールド妨害センサー用と小電力のインタラクティブモーションセンサー用の規定がある。平成 30 年 12 月には、インタラクティブモーションセンサー用の規定において免責事項を定め、Google Soli センサーのみに適用される特例措置が講じられている。欧州では、短距離無線設備に対する共通的な技術基準が欧州郵便電気通信主管庁会議（DEPT）の勧告として定められており、その中で、「用途を特定しない無線設備（NON-SPECIFIC SHORT RANGE DEVICES）」の技術基準が広帯域センサーシステムに適用される。令和元年度答申で示されているように、米国及び欧州では、送信出力の上限値に違いはあるものの、データ通信用途と比較して無線標定用途では送信出力が制限されている（参考資料1）。

韓国及び中国においては、データ通信用途と無線標定用途では技術基準が明確に分けられていないが、米国と同様に尖頭電力による送信出力の上限が定められている。

表1-1 60GHz帯の広帯域センサーシステムに係る諸外国の技術基準

	米国				欧州		韓国	中国
	FCC 47CFR § 15.255	FCC 47CFR § 15.255	FCC DA18-1308	REC70-03 Annex 1	REC70-03 Annex 1	REC70-03 Annex 1	科学技術情報通信部 告示 2018-90号	YD/T 2722-2014
規則・勧告	FCC 47CFR § 15.255	FCC 47CFR § 15.255	FCC DA18-1308	REC70-03 Annex 1	REC70-03 Annex 1	REC70-03 Annex 1	科学技術情報通信部 告示 2018-90号	YD/T 2722-2014
カテゴリ	Fixed disturbance sensors & Interactive Motion Sensor	Fixed field disturbance sensors	Waiver for Google Soli	非特定 SRD (Band n1)	非特定 SRD (Band n2)	非特定 SRD (Band n2)	UWB 及び未指定の無線機器	(用途未指定)
技術規格等				EN305 550	EN305 550	EN305 550		GB9254-2008
周波数	57-71GHz	61-61.5GHz	57-64GHz	57-64GHz	61-61.5GHz	61-61.5GHz	57-66GHz	59-64GHz
空中線電力	平均 尖頭		10dBm	10dBm	10dBm	10dBm		
電力密度 (PSD)	平均 尖頭	-10dBm		13dBm/MHz (EIRP)	規定しない	規定しない	27dBm*	10dBm
空中線利得								
EIRP	平均 尖頭			20dBm	20dBm	20dBm		44dBm
変調方式								
占有周波数帯幅		規定しない 500MHz 以下	FMCW	規定しない	規定しない	規定しない	43dBm	規定しない
送信時間制御			Duty Cycle <10% in 33ms					

* 無指向性アンテナの場合は、20dBm

第2章 パルス変調方式のセンサーシステムの要求条件

2-1 パルス変調方式のセンサーシステムの特徴

昨年度検討を行ったFMCW方式のセンサーシステムは、センサーの検知動作時間内(3.3ミリ秒以内)で周波数を数十 μ オーダーで高速に掃引しながら連続的に電波発射して、送信信号と検知目標からの反射信号の周波数のずれから検知目標の距離や速度を求める方式となる(図2-1)。当該方式は検知距離に優位性があるが、狭空間で多数のセンサーが共存する環境ではセンサー同士の干渉を発生しやすくなる。また、検知時は連続的に電波を発射するため、平均電力が高くなり、他システムへの干渉の影響が比較的大きくなる。

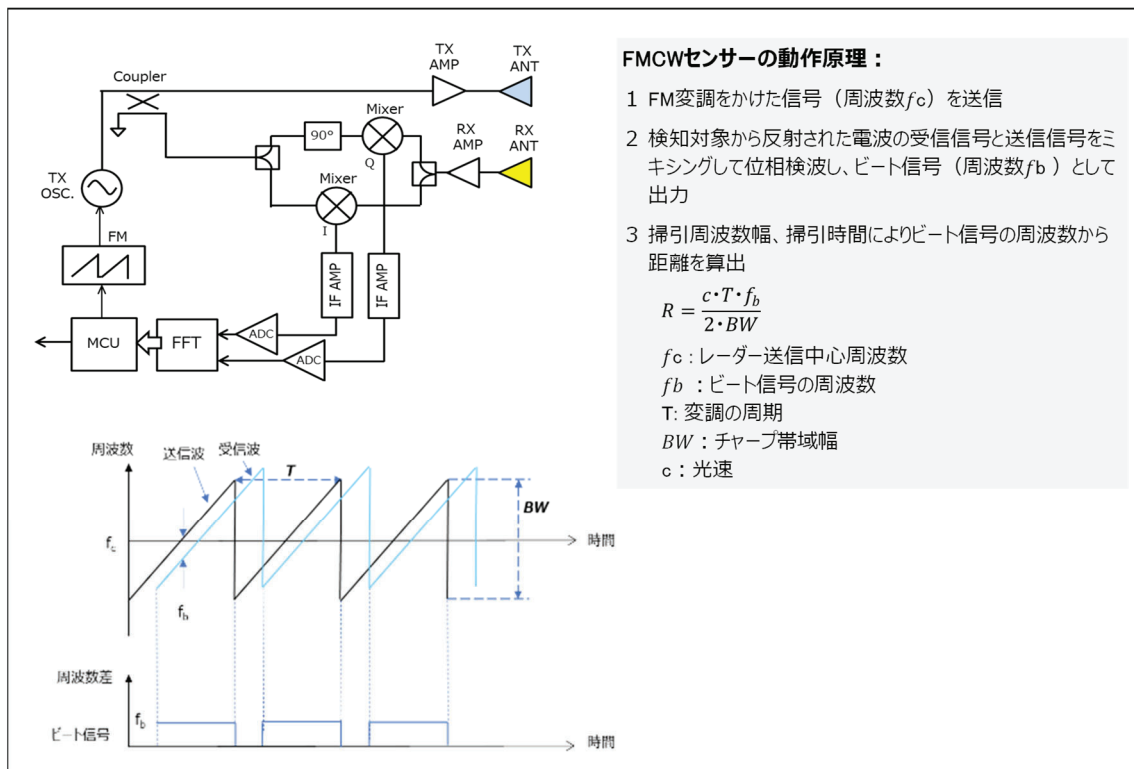


図2-1 FMCW方式のセンサーの仕組み

一方、パルス変調方式のセンサーは ns オーダーの極めて短時間の信号の電波を発し、検知目標からの反射信号を受信するまでの時間(往復時間)から検知目標の距離を求める方式となる(図2-2)。当該方式は狭空間で多数のセンサーが共存する環境であっても比較的検知性能が安定する利点がある一方で、測位精度(距離分解能)を上げるためにはパルス

幅を小さくする必要があり、ピーク送信電力(尖頭電力)を抑える際に送信電力に制約が出てくるため、検知距離が比較的短くなる。

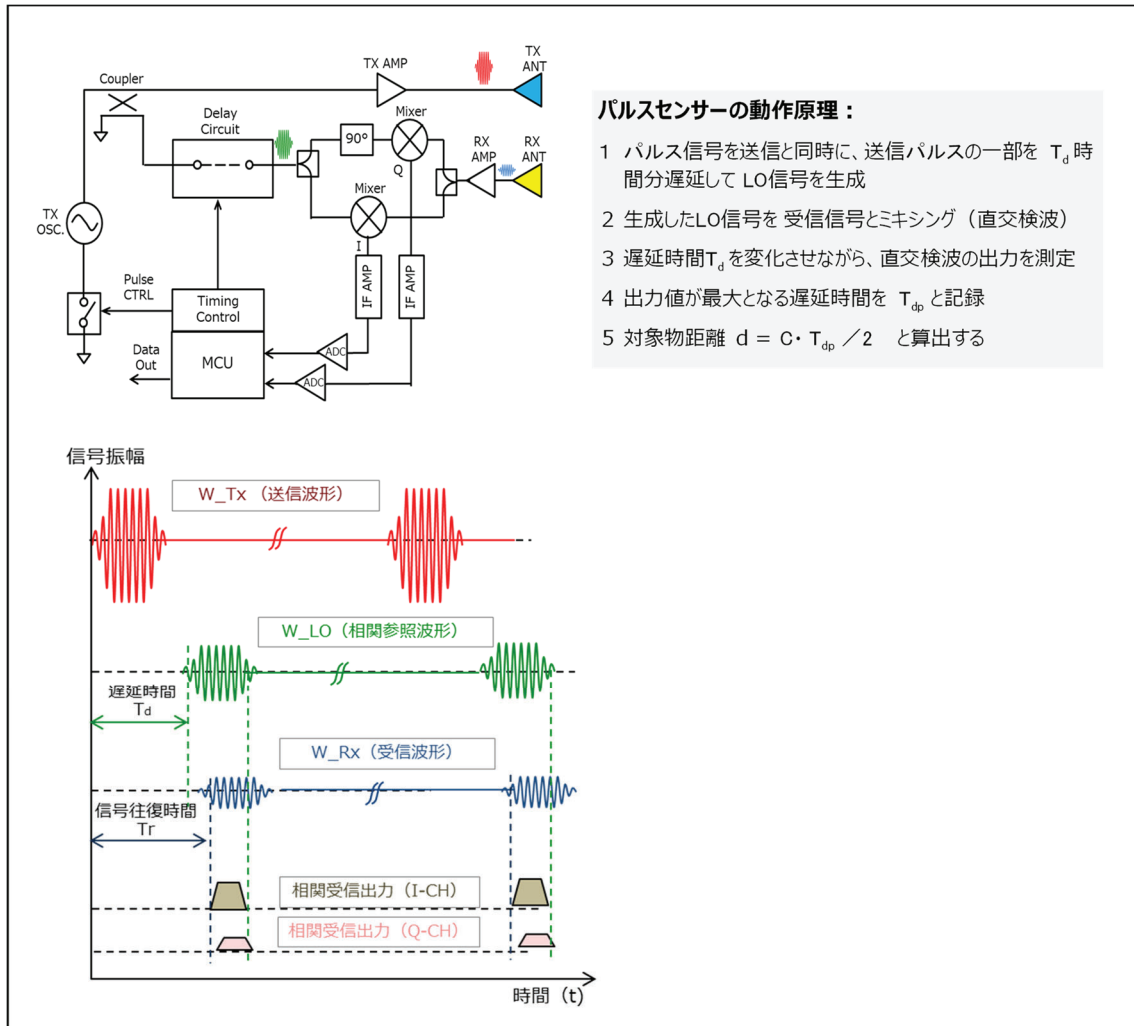


図2-2 パルス変調方式のセンサーの仕組み

FMCW 方式とパルス変調方式のそれぞれの特徴を表2-1に示す。

表2-1 FMCW方式とパルス変調方式の特徴

方式	測定精度	探知距離	消費電力	センサー同士の共存性	他システムとの共存性
FMCW	高	長	高	△	△
パルス変調	高	短	低	○	○
備考	占有周波数帯幅が同じ場合、ほぼ同等の測定精度が得られる。	同じ尖頭電力の場合、パルス変調方式の平均電力が低いため検知距離が短い。	パルス変調方式は間欠動作のため、省電力特性に優れている。	FMCWセンサーの場合、狭空間で同時多数で動作すると、ビート干渉が起きる。	パルス変調方式は間欠動作、かつ、電力密度が低いいため、他システムとの共存性に優れる。

特にセンサー同士や他システムとの共存性の観点では、パルス変調方式のセンサーに優位性がある。これは、両方式による送信電波の時間波形及びスペクトラムの違いとして現れている。

時間軸での違いとしては、FMCW方式が検知時間内で連続的に電波を送信するのに対して、パルス方式は極めて短時間に間欠的に電波を送信する(図2-3)。このため、パルス変調方式はFMCW方式に比べて平均電力が低く、パルス信号自体も瞬間的に周波数が拡散されることで単位周波数当りの電力が低くなることから、他システムへの与干渉レベルは極めて低くなる。ただし、被干渉システムによっては、パルス性の信号が受信機に入力されることによって、帯域内雑音が増えるといった影響を与える可能性がある点には留意が必要である。

時間軸上の比較

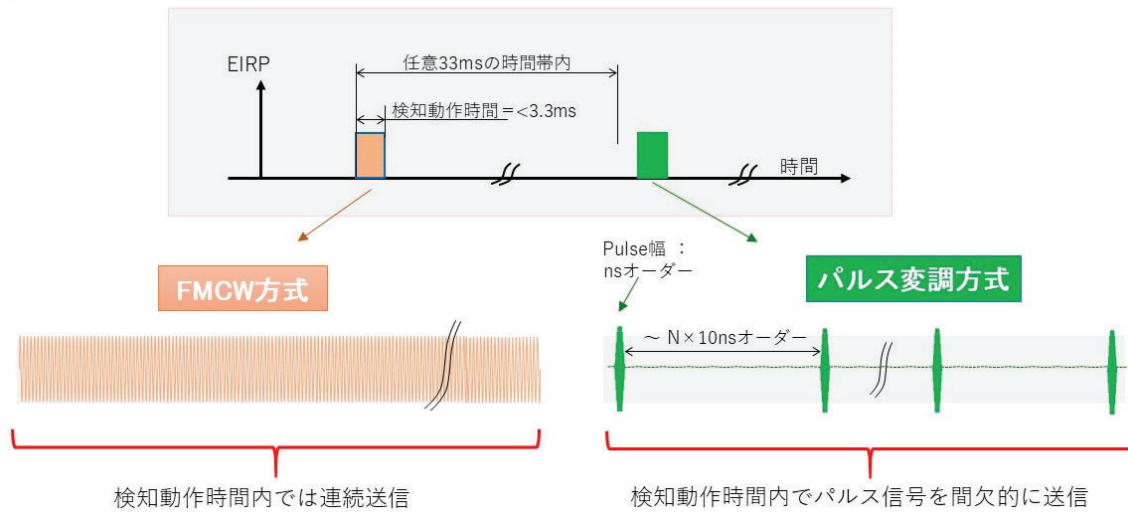


図2-3 パルス方式とFMCW方式との比較(時間軸)

周波数軸では、FMCW方式の場合、CW信号が拡散帯域内に一定の周期で繰り返し遷移するため、特定の周波数においてはCW信号の電カスペクトラムがそのまま現れることになるが、一定時間の平均電力は低減される。一方、パルス方式は、電波を放出すると瞬間的に周波数が拡散されることから、単位周波数当りの電力(電力密度)が極めて低くなる。10mW程度の送信出力であれば、FMCW方式の場合に比べて30dB程度の低減が見込める。両方式による送信スペクトラムの違いを図2-4に示す。

周波数軸上の比較

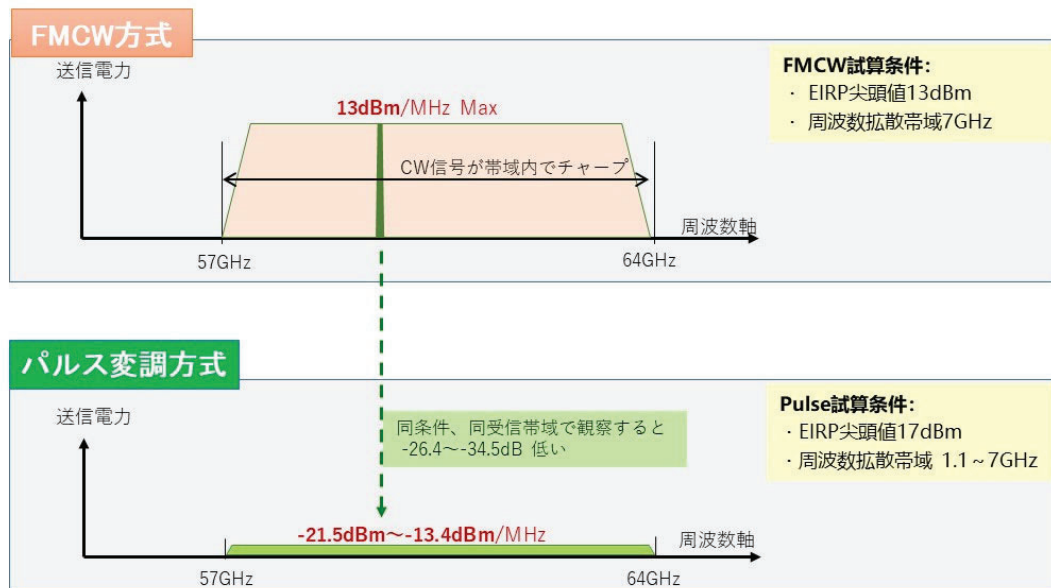


図2-4 パルス方式とFMCW方式との比較(周波数軸)

2-2 パルス変調方式のセンサーシステムのユースケース

パルス変調方式のセンサーは、FMCW方式のセンサーと同様に、高精度な測位性能をもつセンサーとしてのアプリケーションへの応用のニーズがあり、図1-2に示されたユースケースへの応用が想定される。また、パルス変調方式のセンサーは、FMCW方式のものに比べ、センサー同士の共存性に優れている、無線装置の消費電力が比較的低い、近傍複数対象物の検知がし易いといった利点があることから、屋外での利用を想定した車載向けのセンサーや複数の対象物のセンシングを行う工場の生産ラインの出荷ロボットなどへの応用も期待される(図2-5及び図2-6)。



図2- 5 広帯域センサーのユースケース(キックセンサー)

(出典:アルプスアルパイン(株)より提供)

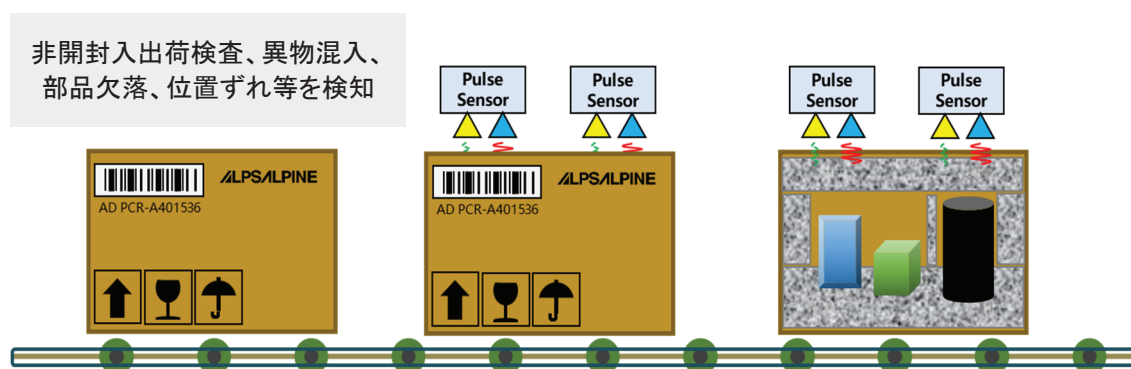


図2- 6 広帯域センサーのユースケース(生産ラインの出荷ロボット)

2-3 パルス変調方式のセンサーシステムの要求条件

(1) 検知性能

要求条件の検討にあたっては、パルス変調方式のセンサーシステムのユースケースを踏まえ、必要な最低要件を満足する機能を前提とする必要がある。また、免許不要帯を使用することから、同一周波数帯を利用する既存の無線システムまたは無線規格との共用の観点から、干渉の影響を極力抑えることも重要な要件となる。

まず、割当て周波数の範囲としては、生体情報の検知・認証やジェスチャー入力における足や指先の挙動認識等の高精度な測位機能が求められることから、既に制度化されているFM CW方式のセンサーと同様に、57-64GHz の 7GHz 幅を前提とする。また、パルス変調方式のセンサーシステムのユースケースとしては、ジェスチャーセンサーや個人認証(生体認証)、車載向けのセンサーなどがあり、1~2m程度以上の検知距離が求められる。この要件を満足し、かつ必要最小限となる送信電力を上限値とするため、平均値で 5dBm(EIRP)を上限とする。さらに、実装上の制約としてパルス信号の拡散帯域幅の下限が 1.1GHz 程度となること、及び、センサーの2次エコー検知回避のためのパルス信号の周期の下限が 26.6ns 程度となることから、パルス信号の送信デューティー(パルスの幅と周期の比率)は 6%程度が上限となる。パルス信号の実効尖頭電力は、理論上、平均電力をデューティー比で除した値となるので、EIRP の尖頭値の要求条件としては、平均値の 5dBm に 12dB を加えた 17dBm を上限とすることが適当である。

検知性能に係るパルスセンサー方式の要求条件をまとめると以下のようになる。

パルスセンサー方式の要求条件①(検知性能)

- 生体情報の検知・認証や ジェスチャー入力における足や指先の挙動認識等のためには高精度な距離分解能を要することから、既に制度化されているFMCW方式のセンサーと同様に、57-64GHz の 7GHz 幅の割当てを前提とする。
- 1~2m 程度の最低検知距離を確保でき、かつ、必要最小限の電力とするため、送信電力(EIRP)の平均値は 5dBm 以下とする。
- センサーの2次エコー検知回避等の要件から、検知動作時の送信デューティーの上限を 6%程度と想定し、送信電力(EIRP)の尖頭値は 17dBm 以下とする。

(2)送信時間制限

FMCW 方式のセンサーは検知動作時には送信周波数をチャープさせながら常に電波を送信するが、一方で、パルス変調方式のセンサーは極めて短い時間間隔で間欠的に電波を送信する。このため、パルス変調方式のセンサーは FMCW 方式のセンサーに比べると送信時

間率は極めて低くなる。しかし、検知動作時間そのものが長くなると同一周波数帯を利用する他の無線システムへの干渉の影響度は高まる。このため、パルス変調方式のセンサーにおいても、FMCW方式のセンサーの現行規定と同様に、送信時間 33 ミリ秒以内に対する電波発射可能な時間率を 10%以内とすることを条件とする。なお、無線装置の設計の自由度を確保するため、パルス信号そのもののデューティー比(パルスの幅と周期の比率)に制限は設けない。ただし、尖頭電力と平均電力の双方について上限値を定めることから、既存無線システムへの影響は抑制される。

送信時間に係るパルスセンサー方式の要求条件をまとめると以下のようになる。

パルスセンサー方式の要求条件②(送信時間制限)

- 検知動作時間がFMCW方式のセンサーと同等となるよう、現行規定を適用し、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。
- 尖頭電力に加え、平均電力の上限値を定めることによって既存無線システムへの影響は抑制されることから、パルス電波発射可能な連続時間(3.3 ミリ秒以内)内におけるパルス波のデューティー比(パルス幅及び周期)に係る規定は設けない。

第3章 他の無線システムとの共用検討

3-1 干渉検討の対象システム

パルス変調方式のセンサーシステムを 57-64GHz の周波数帯に割り当てる前提において、同一または隣接する周波数帯の既存無線システムを表3-1に示す。

表3-1 共用検討対象の既存無線システム

周波数 (GHz)	システム	用途
54.25-66.78	放送事業用(移動)	55GHz 帯 FPU
55.78-59.0	電通・公共・一般業務 (固定・移動)	58GHz 帯エントランス回線 (現在、無線局は存在しない。)
57.0-66.0	小電力データ通信システム	高速データ通信システム(WiGig 等) 共同住宅共聴システム
60.0-61.0	ミリ波レーダー (特定小電力無線)	自動車レーダー, 障害物検知装置 (現在、自動車レーダーの利用はない。)
58.2-59.0 64.0-65.0 76.0-77.5 79.0-94.0 94.1-116.0	電波天文	天体・宇宙空間等の観測を行うための受信設備
50.3-63.57	地球探査衛星	日本では運用されていない低軌道衛星

小電力データ通信システムのうち、高速データ通信システムには、10m 程度の比較的長距離で数 10Gbps 級のデータ通信を行う IEEE802.11.ad(WiGig)等の通信規格のほか、10cm 程度以下の極近距離で Tbps 級のデータ通信を行う IEEE802.15.3e 等の通信規格がある(参考資料2)。昨年度の検討と同様に、共用検討においては、WiGig を代表的なシステムとして評価検証を行う。また、58GHz 帯エントランス回線(電気通信業務用の無線アクセスシステム)、

60GHz 帯の自動車レーダーについては、現存する無線局(無線設備)はないが、技術基準ベースで干渉評価の検証を行う。

3-2 干渉検討の手法

パルス変調方式のセンサーシステムが表3-1の既存無線システムへ与える干渉について、表3-2及び表3-3に示す手法によって検討を行う。

表3-2 干渉検討の手法

システム	用途	机上検証	実機検証
放送事業用	55GHz 帯 FPU	✓	
電通・公共・一般業務 (固定・移動)	58GHz 帯エントランス回線	✓	
小電力データ 通信システム	WiGig(屋内)	✓	✓
	WiGig(屋外)	✓	
	共同住宅共聴システム	✓	
ミリ波レーダー (特定小電力無線)	自動車レーダー	✓	
	踏切障害物検知装置	✓	
電波天文	76.5GHz、115GHz	✓	
地球探査衛星	米国軍事気象衛星	✓	

表3-3 机上検討の評価基準及び評価指標

用途	評価基準	評価指標
55GHz 帯 FPU	INR(=-20dB)	離隔距離
58GHz 帯エントランス回線	INR(=-10dB)	離隔距離
WiGig(屋内)	キャリアセンス閾値	閾値以下となる離隔距離及びキャリアセンスによる通信ブロック確率
	CNR	離隔距離
WiGig(屋外)	キャリアセンス閾値	閾値以下となる離隔距離
	CNR	離隔距離
共同住宅共聴システム	CNR	離隔距離
自動車レーダー	CNR	離隔距離
踏切障害物検知装置	CNR	離隔距離
電波天文	集合干渉電力	離隔距離
地球探査衛星業務	衛星保護基準	所要改善量

また、机上検討におけるパルス変調方式のセンサーシステム(与干渉システム)の主な技術諸元を表3-4及び図3-1に示す。

表3-4 パルス変調方式のセンサーシステムの技術諸元

変調方式	パルス変調
周波数(F_i)	57 ~ 64 GHz
占有周波数帯域幅(OBW)	7 GHz 以下
与干渉電波帯域幅(BW_i) ^{※1}	1.1 GHz 以上
等価等方輻射電力($EIRP_{iav}$) ^{※2}	5.0 dBm
アンテナ半値角(θ_{3dB})	+/- 45 degree
アンテナ利得(G_i)	7 dBi
検知動作 Duty Cycle	3.3ms per 33ms (Max.)
キャリアセンス	実装無し

※1 実効的な占有周波数帯幅として本報告書では「与干渉電波帯域幅」と称する(詳細は後述)。

※2 送信時間制限(送信時間 33 ミリ秒以内に対して電波発射可能な時間率 10%以内)を考慮した時間平均値。

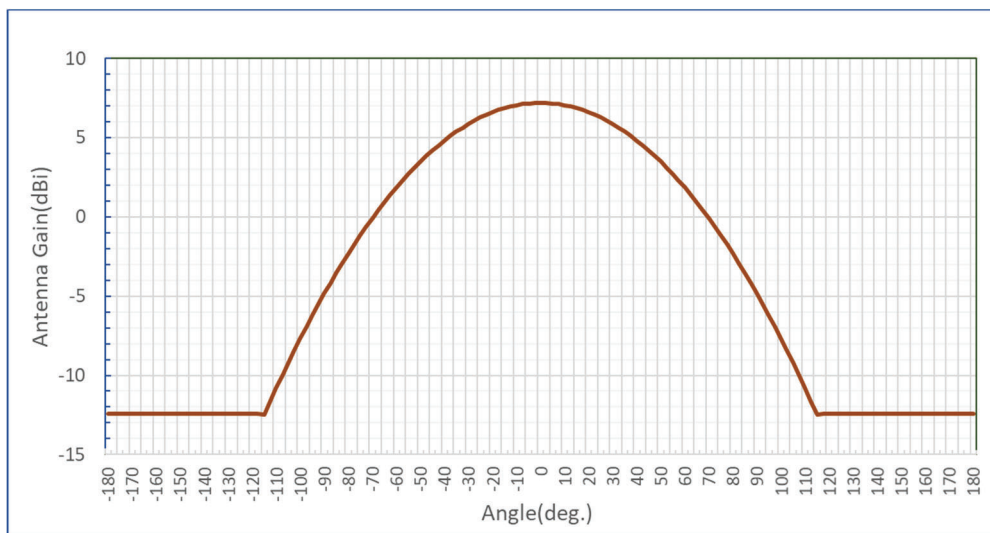


図3-1 パルス変調方式のセンサーシステムのアンテナパターン
(Beam=90deg.、Gain=7dBi、Sidelobe=-12.4dBi)

なお、パルス変調方式のセンサーシステムの占有周波数帯幅は最大 7.0GHz となるが、機器の実装においてはこれよりも狭い帯域となることが想定される。占有周波数帯幅が狭い方が拡散帯域が狭く、帯域内の電力密度が高くなり、他システムへの影響が大きくなることか

ら、実装条件として想定される下限値を前提として干渉評価を行うことが適切である。よって、本検討においては、占有周波数帯幅として 3GHz を前提とする。なお、規定上の占有周波数帯幅は全平均電力の 99%のエネルギーが集中する帯域となるが、図3-2の例で示すとおり、パルス信号のスペクトラムでは、サイドローブはメインローブと比べて電力密度が大きく低下するため、サイドローブの電力まで含めて平均電力を算出すると与干渉の影響を過小評価してしまう可能性がある。このため、本検討においては、メインローブにほぼ全て電力が集中したと仮定し、実効的な占有周波数帯幅を与干渉電波帯域幅(以下、BW_i という。)と称し、その値を 1.1GHz として干渉計算を実施した。

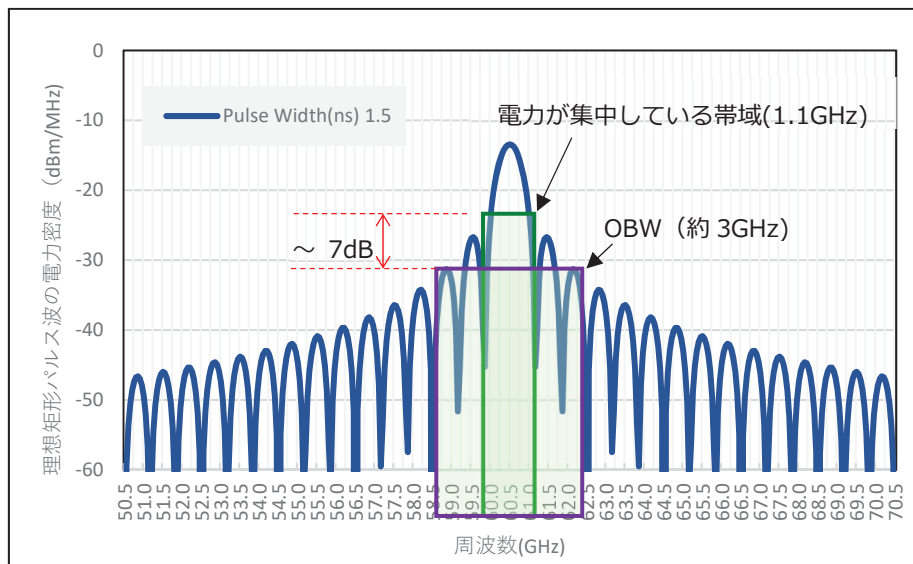


図3-2 パルス変調信号(理想矩形パルス)のスペクトラム

また、図3-3にパルス変調方式のセンサーシステムの間欠送信動作の概要を示す。

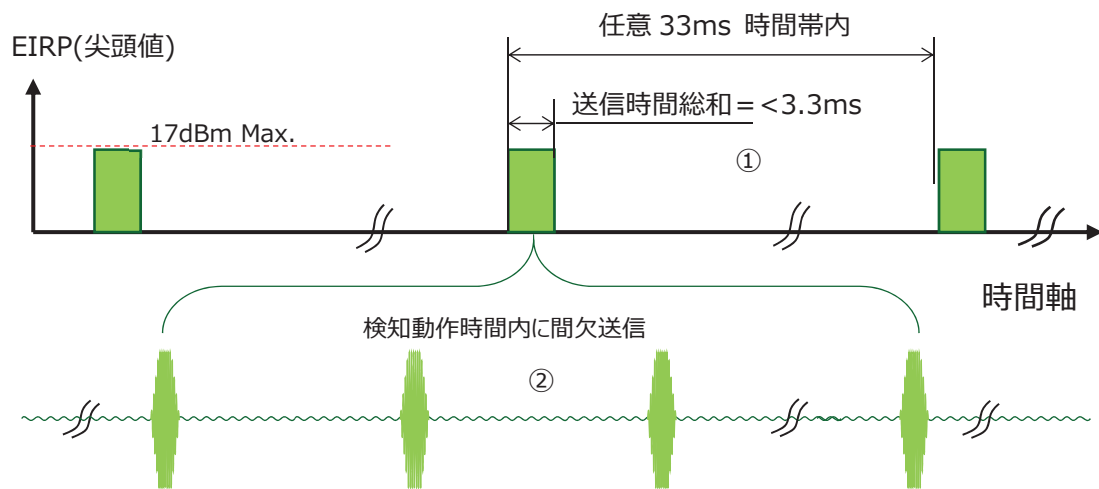


図3-3 パルス変調方式のセンサーシステムの間欠送信動作のイメージ

パルス変調方式のセンサーシステムは、送信時間制御による検知動作の間欠動作(①)と検知動作時にパルス信号の電波を間欠送信する動作(②)の2つの送信サイクルが存在する。

3-3 他の無線システムとの共用検討

3-3-1 小電力データ通信システム

(1) 高速データ通信システム (WiGig)

(1-1) WiGig (屋内利用)

① システム概要

60GHz 帯の小電力データ通信システムは、高速大容量の通信を可能とする特徴を生かして、主にパソコン等の情報端末間の大容量データ伝送を行うための宅内アクセスポイント、映像機器やゲーム機器による非圧縮映像信号のストリーミング伝送といった用途で利用されている。WirelessHD、IEEE802.15.3c、IEEE802.11ad (WiGig)、IEEE802.15.3e などの様々な技術規格が存在するが、本検討においては、高速無線 LAN として規格化された IEEE802.11ad (WiGig) を代表的なシステムとして共用検討を実施する(以下、本無線システムを「屋内 WiGig システム」という)。

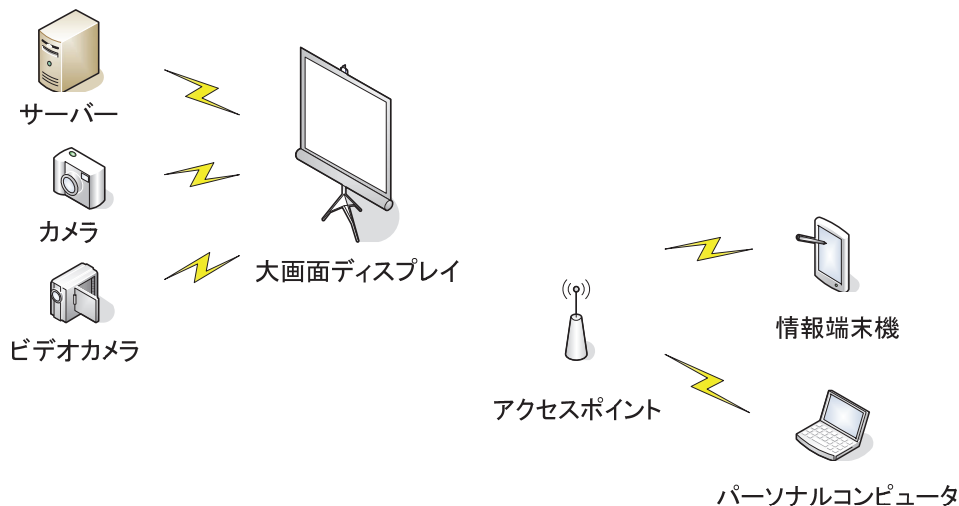


図3-4 高速データ通信システムの利用イメージ

② 干渉検討モデル

パルス変調方式のセンサーシステム(以下、「パルスセンサー」という。)から屋内 WiGig システムへの干渉について、WiGig システムの CCA ブロック離隔距離、CCA ブロック確率及び通信時の所要離隔距離(CNR 基準)を算出することにより検証する。

(記載省略)

第4章 パルス変調方式の 60GHz 帯小電力広帯域センサーシステムの 技術的条件

第3章までの検討結果を踏まえ、本章では 60GHz 帯小電力広帯域センサーシステム(パルス変調方式)の技術的条件を以下のとおり取りまとめた。

4-1 一般条件

(1)周波数帯

使用する周波数帯は、57GHz を超え 64 GHz 以下であること。

(2)変調方式

パルス変調方式であること。

(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。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。

イ 送信時間制御

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。

(5) 電波の停止機能

電波の発射を停止する機能を有すること。

(6) 電波防護指針への適合

電波防護指針では、電磁界強度指針、補助指針及び局所吸収指針が定められており、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、補助指針また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。

パルス変調方式の広帯域センサーの空中線電力の上限値は、平均値で 0dBm とするため、現行の FMCW 方式のセンサーの技術基準よりも低い値となることから、令和元年度答申に示す考え方(参考資料5)により、局所吸収指針件を満たすものと考えられる。ただし、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。

なお、ノートパソコン、タブレット端末等への組み込みを前提とした無線機モジュールについては、技術基準適合証明等の審査の際は、筐体に組み込んだ状態で入射電力密度等の測定が必要となる。

また、人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。

4-2 無線設備の技術的条件

4-2-1 送信装置

(1) 空中線電力

尖頭電力で 12dBm 以下、平均電力で 0dBm 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

尖頭電力で 17dBm 以下、平均電力で 5dBm 以下であること。

(5) 周波数の許容偏差

指定周波数帯にすることができるものとする。

(6) 占有周波数帯幅の許容値

7GHz であること。

(7) 不要発射の強度の許容値(参照帯域幅)

下表のとおりとする。

周波数	尖頭電力	備考
55.62GHz 以下	-30dBm/MHz	スプリアス領域
55.62GHz を超え 57GHz 以下	-26dBm/MHz	帯域外領域

64GHz を超え 67.5GHz 以下	-26dBm/MHz	帯域外領域
67.5GHz を超えるもの	-30dBm/MHz	スプリアス領域

4-2-2 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は、不要発射の強度の許容値を超えないものとする。

4-3 測定法

空中線電力については、以下のとおりとすることが適当である。

(検討中)

その他の項目は、令和元年 10 月 8 日の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「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」)において示された測定方法を適用する(参考資料6)。

第5章 今後の検討課題等

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。

また、広帯域センサーをはじめとするミリ波帯通信デバイスの空中線電力の測定法や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手法の整備について検討することが望ましい。

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会

(令和2年 10月 12日現在 敬称略)

氏名		主要現職
主査委員	安藤 真	東京工業大学 名誉教授
主査代理 専門委員	寶迫 巖	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 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
〃	伊藤 数子	特定非営利活動法人 STAND 代表理事
〃	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
〃	齋藤 一賢	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
〃	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
〃	田中 秀一	一般社団法人全国陸上無線協会 専務理事
〃	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
〃	土田 健一	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 部長
〃	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
〃	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 新規事業開発本部新規事業開発企画部 シニアエキスパート

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

	氏名	所属、役職
主任	梅比良 正弘	国立大学法人茨城大学 教授
主任代理	児島 史秀	(国研)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 ワイヤレスシステム研究室 室長
構成員	居相 直彦	NHK 放送技術研究所 伝送システム研究部 上級研究員
構成員	飯塚 留美	(一財)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
構成員	市川 正樹	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
構成員	市川 麻里	(国研)宇宙航空研究開発機構 周波数管理室 室長 (※第6回会合のみ参画)
構成員	伊藤 茂博	アルプスアルパイン(株) 技術本部 AD プロジェクト マネージャー
構成員	上田 陽市	(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
構成員	大石 雅寿	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
構成員	大橋 洋二	富士通(株) 未来ネットワーク統括部 先行技術開発室 エキスパート
構成員	小竹 信幸	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 技術部 部長
構成員	北久保 和人	ソニー(株) R&D センター Tokyo Laboratory 22 Senior Wireless Regulatory Manager
構成員	小島 仁	(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 受信システム技術部(調査・施工) チーフエンジニア
構成員	佐々木 邦彦	(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
構成員	城田 雅一	クアルコムジャパン(同) 標準化部長
構成員	高橋 和晃	パナソニック(株)インダストリアルソリューションズ社 技術本部 無線技術総括担当
構成員	谷口 徹	日本無線(株) 新規事業開発本部 部長
構成員	竇 元珠	アルプスアルパイン(株) 技術本部 AD プロジェクト 主幹技師
構成員	富樫 浩行	(株)ディーエスピーリサーチ 認証部 部長
構成員	平木 充	ルネサスエレクトロニクス(株) IoT・インフラ事業本部 コア技術開発統括部 主管技師
構成員	藤本 浩	(一社)日本自動車工業会 ITS 技術部会 移動体通信分科会長
構成員	真壁 政行	ボルボ・カー・ジャパン(株) カスタマーサービス部 車輛認証グループ マネージャー
構成員	松下 智昭	DX アンテナ(株) 技術第2部 技術規格チーム チームリーダー
構成員	三瀬 敏生	三菱電機(株) 交通事業部 計画部 技術第一グループ 担当部長
構成員	渡辺 知尚	(国研)宇宙航空研究開発機構 周波数管理室長(※第7回会合より参画)

參考資料

参考資料1 欧米における 60GHz 帯無線設備の技術標準

米国及び欧州における 60GHz 帯無線設備の技術標準を参考表1—Xから参考表1—Yまでに示す。

参考表 1- 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 Part15 § 15.255	FCC 47 CFR Part15 § 15.255	2018 年発効特例措置 DA 18-1308	REC70-03 Annex 1 Band n1	REC70-03 Annex 1 Band n2
カテゴリ		固定運用フィールド妨害センサー及びインター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	Google Soli のみ適用	非特定 SRD	非特定 SRD
標準規格等					EN 305 550 ⁷	EN 305 550
周波数		57-71GHz	61-61.5GHz	57-64GHz	57-64GHz	61-61.5GHz
空中線電力	平均				10dBm	10dBm
	尖頭	-10dBm		10dBm		
電力密度 (PSD)	平均				13dBm/MHz e.i.r.p	No limit
	尖頭			13dBm/MHz e.i.r.p		
空中線利得						
等価等方輻射電力 (EIRP)	平均		40dBm		20dBm	20dBm
	尖頭	10dBm	43dBm	13dBm		
占有帯幅の許容値			500MHz			
不要発射の強度の許容値	帯域外輻射の制限値		61.0-61.5GHz を除く、57-71GHz における平均電力が ⁶ 10dBm 以下、尖頭値は 13dBm 以下		43-57GHz, 64-78GHz; RMS 電力密度が ⁶ -20dBm/MHz 以下	60-61GHz, 61.5-62.5GHz; RMS 電力密度が ⁶ -10dBm/MHz 以下
	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.)	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.)	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				Duty Cycle は、33ms の間に 10%以内。		
人体へのばく露許容値(電力密度)		1mW/cm ²			10W/m ² (1mW/cm ²)	

⁷ ETSI EN 305 550 V2.1.0 (2017-10) : Short Range Devices (SRD); Radio equipment to be used in the 40 GHz to 246 GHz frequency range; Harmonised Standard for access to radio spectrum
https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/305500_305599/305550/02.01.00_20/en_305550v020100a.pdf

* 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。		

参考表 1-2 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 Part15 § 15.255	FCC 47 CFR Part15 § 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又はインタ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 ⁸ (ただし 57-66GHz)	標準規格未定	標準規格未定	EN 302 686 ⁹
周波数		57-71GHz	57-71GHz	57-71GHz	57-71GHz	57-71GHz	63-64GHz ¹⁰
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 (等価等方放射電力)	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
	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				

⁸ 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

⁹ 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

¹⁰ 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。

		米国		欧州		
			低下させることを要しない。			
占有帯域幅						
不要発射の強度の許容値	帯域外輻射の制限値					-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: 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 ¹¹ 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
人体へのばく露許容値 (電力密度)		1mW/cm ²		10W/m ² (1mW/cm ²)		

¹¹ 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

¹² 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>

** 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
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 ≤1000 MHz (注 1)	F > 1000 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)
<p>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。</p> <p>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。</p>			

参考資料2 60GHz 帯小電力データ通信システムの主な国際標準規格

60GHz 帯小電力データ通信システムの代表的な国際標準規格としては、WirelessHD コンソーシアムが策定した WirelessHD、無線 PAN の高速通信規格となる IEEE802.15.3c、IEEE802.15.3e、IEEE802.11ad(WiGig)、ミリ波による高速無線LAN規格となる IEEE802.11ad、その後継規格の IEEE802.11ay などの技術規格がある。

以下に令和元年度答申において示された各技術規格の概要を示す。

(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 以下を想定しており、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、参考図 1-1 に示すように、Blu-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。



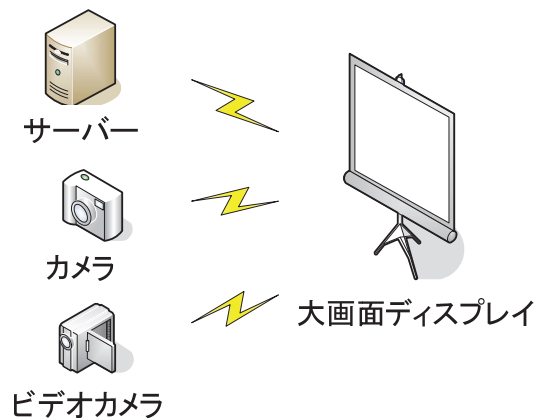
参考図 2- 1 WirelessHD の利用シーンの例

(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。本タスクグループは、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、参考図 1- 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。



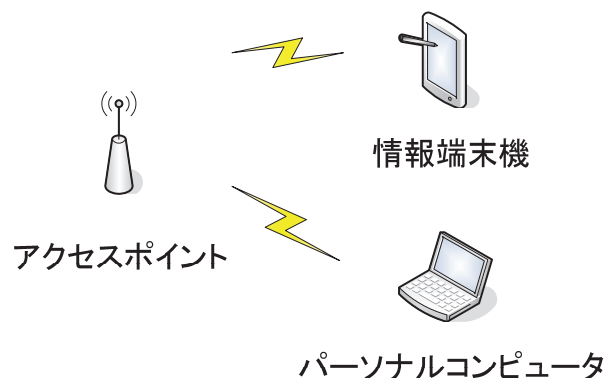
参考図 2- 2 IEEE802.15.3c の利用シーンの例

(3) IEEE802.11ad

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であり、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、Blu-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。



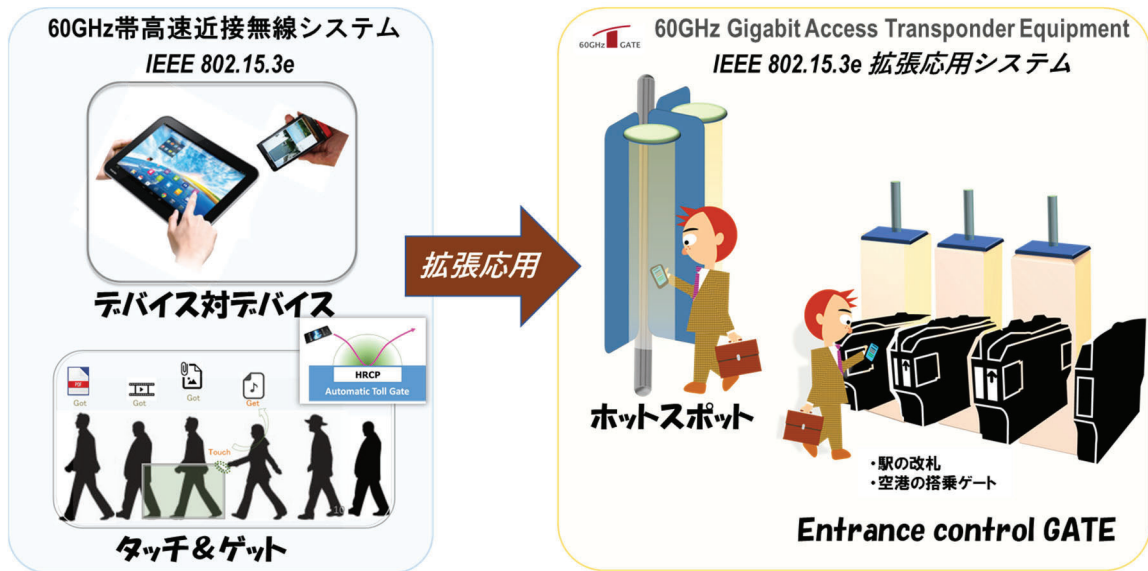
参考図 2- 3 IEEE802.11ad/WiGig の利用シーンの例

(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。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「1対1」接続を堅持できるという特徴により、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おいては、順番待ちが必要となるが、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。

さらに、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、横方向への伝搬の広がりを抑制する高アイソレーションアンテナを使用することにより、「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、次世代の改札としての開発も進められている。



参考図 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)

(5) IEEE802.11ay

IEEE802.11ay は IEEE802.11ad の後継規格であり、2015 年より規格化が進められている。802.11ad のチャンネルを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((Directional Multi Gigabit) OFDM、Single User/Multi User MIMO、TDD 運用がサポートされる。2020 年 9 月にドラフト 6.0 版が承認され、2020 年内に仕様策定が完了する見通しとなっている。

それぞれの標準規格仕様の概要を参考表1に示す。

参考表 2-1 60GHz 帯小電力データ通信システムの代表的な標準規格の基本仕様

	WirelessHD	IEEE802.15.3c	IEEE802.11ad	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		
チャネルプラン ^{*1}		Ch1:58.32GHz、Ch2:60.48GHz、Ch3:62.64GHz、Ch4:64.8GHz			
チャネル間隔		2160 MHz			
伝送方式	OFDM	SC ^{*2} OFDM	SC OFDM(Optional) ^{*3}	SC OOK	SC OFDM(optional) ^{*3}
最大伝送速度 (1ch.使用時)	7Gbit/s	6Gbit/s	7Gbit/s	13.1Gbit/s	30Gbit/s ^{*4}
最大伝送距離	10m 程度	10m 程度	100m 程度	10 cm未満 (拡張 GATE 接続の場合は ゾーン内全域)	200m 以上
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・ロボットのログなどの蓄積型データ即時移送 KIOSK ダウンロード 【拡張 GATE 接続】 エンタ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ンメント配信) 高速ホットスポットによる非連続接続型モバイルフロー 	<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 無線バックホール

	WirelessHD	IEEE802.15.3c	IEEE802.11ad	IEEE802.15.3e	IEEE802.11ay
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"> ・低電力と高速の面機器対応 ・ビームフォーミング機能 ・シームレスマルチチャバンドオペレーション(FST:高速セッジョン切替機能) ・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 ・低電力と高速の面機器対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・低電力と高速の面機器対応 ・ビームフォーミング機能 ・シームレスマルチチャバンドオペレーション(FST:高速セッジョン切替機能) ・IEEE802.15.3c、802.11ad との共存機能 ・チャネルボンディング機能 ・チャネル推定区間を使った測位機能

*1 日本で使用可能なチャネル

*2 シングルキャリア方式

*3 OFDM 変調は将来の版で削除の予定であり使用は推奨されていない

*4 2 チャネルボンディングで 2 ストリームの場合

参考資料3

(記載省略)

参考資料4

(記載省略)

参考資料5 電波防護指針の適合性

(令和元年度答申より抜粋)

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(表5-2-1)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範囲において適用除外となる電力(表 5-2-2)となるため、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、局所吸収指針における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。

また、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。

なお、ノートパソコン、タブレット端末等への組み込みを前提とした無線機モジュールについては、技術基準適合証明等の審査の際は、筐体に組み込んだ状態で入射電力密度等の測定が必要となる。

表 5-2-1 局所吸収指針(一般環境)における要件

(60GHz 帯無線設備に関する指針値)

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

表 5-2-2 6GHz 以上の局所吸収指針(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]

参考資料6 60GHz 帯広帯域センサーの測定方法(令和元年度答申)

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。

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(バースト波にあつ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。

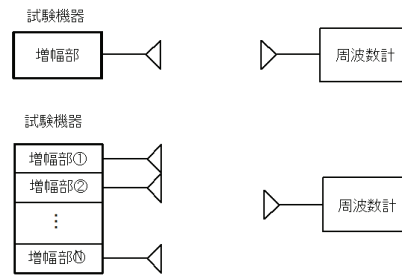
(2) 空中線測定端子無しの場合

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。



(空中線測定端子無しの場合の模式図)

○ 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。

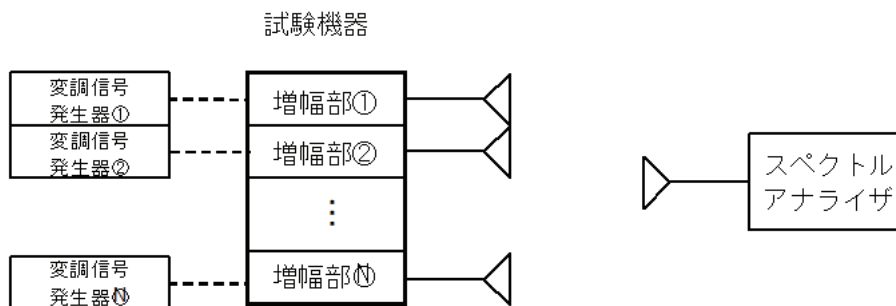
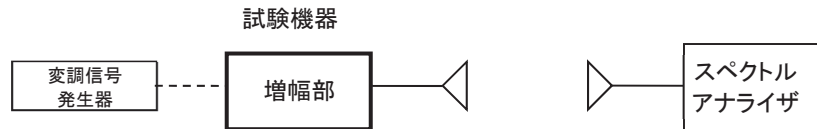
(2) 空中線測定端子無しの場合

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

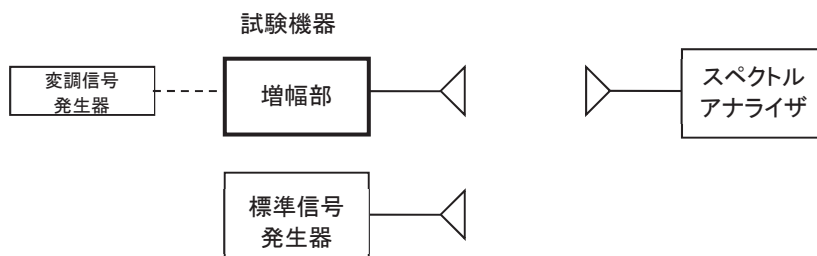
測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて、スペクトルアナライザ等に測定用空中線を接続し、その他の条件は(1)と同様にして等価等方輻射電力を測定すること。この場合において、測定用空中線は指向性のものを用いること。また、試験機器の空中線開口径に留意し、遠方界条件を満たす試験機器と測定用空中線との離隔距離(試験機器の空中線開口径が小さく遠方界条件を満たす場合は3m以下の離隔距離とすることができる。)を確保すること。

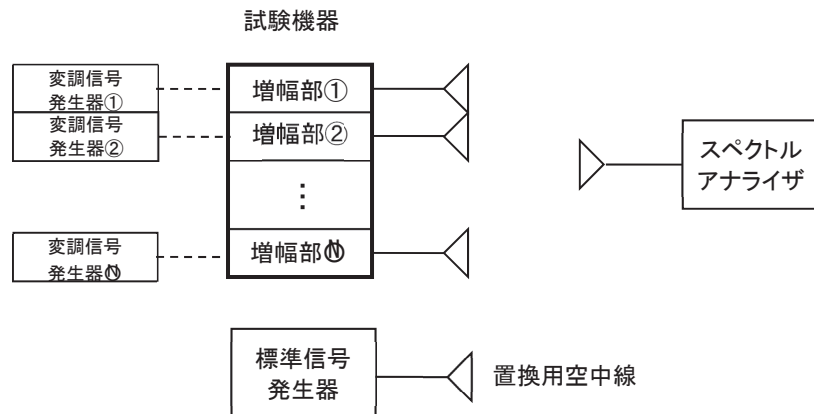
なお、給電点での空中線電力は、等価等方輻射電力の測定値に、測定する周波数帯における送信空中線利得(工事設計書等に記載された値)を除いて換算を行うものとする。

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。

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ク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。

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ク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。

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。