

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

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.....	1
II 委員会及び作業班の構成.....	1
III 検討経過.....	1
IV 検討概要.....	3
第1章 60GHz 帯小電力広帯域センサーシステムの概要.....	3
1-1 検討の背景.....	3
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.....	3
1-3 広帯域センサーシステムのユースケース.....	6
1-4 諸外国の規制動向.....	6
第2章 パルス変調方式のセンサーシステムの要求条件.....	9
2-1 パルス変調方式のセンサーシステムの特徴.....	9
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.....	13
2-3 パルス変調方式のセンサーシステムの要求条件.....	14
(1)検知性能.....	14
(2)送信時間制限.....	15
第3章 他の無線システムとの共用検討.....	17
3-1 干渉検討の対象システム.....	17
3-2 干渉検討の手法.....	18
3-3 他の無線システムとの共用検討.....	23
3-3-1 小電力データ通信システム.....	23
3-3-2 ミリ波レーダー.....	44
3-3-3 固定局(エントランス回線).....	55
3-3-4 放送事業用移動局(FPU).....	58
3-3-5 地球探査衛星業務(受動).....	61
3-3-6 電波天文.....	65
3-4 広帯域センサー同士の共用.....	72
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.....	78
4-1 一般条件.....	78
4-2 無線設備の技術的条件.....	80
4-2-1 送信装置.....	80
4-2-2 受信装置.....	81
4-3 測定法.....	81
第5章 今後の検討課題等.....	86

参考資料1	欧米における60GHz帯無線設備の技術標準.....	90
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.....	96
参考資料3	パルスセンサーの一日の利用時間.....	103
参考資料4	センサー端末同士の共用検討結果.....	104
参考資料5	電波防護指針の適合性.....	108
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).....	110

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 59 回(令和 2 年 6 月 29 日～同年 7 月 9 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を行うため、委員会の下に作業班を設置することとし、検討の進め方及びスケジュールについて、メールによる検討を行った。

(2) 第 62 回(令和 3 年 1 月 18 日～同年 1 月 27 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 3 年 1 月 30 日から同年 3 月 1 日までの間、意見募集を実施することとした。

(3) 第 63 回(令和 3 年 3 月 5 日～同年 3 月 16 日)

委員会報告(案)に対する意見募集の結果及びそれらの意見に対する考え方について検討を行い、委員会報告をとりまとめ、情報通信技術分科会に報告することとした。

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2年12月18日)

委員会報告書案について検討を行い、報告書案をとりまとめた。

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り当てられている 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。

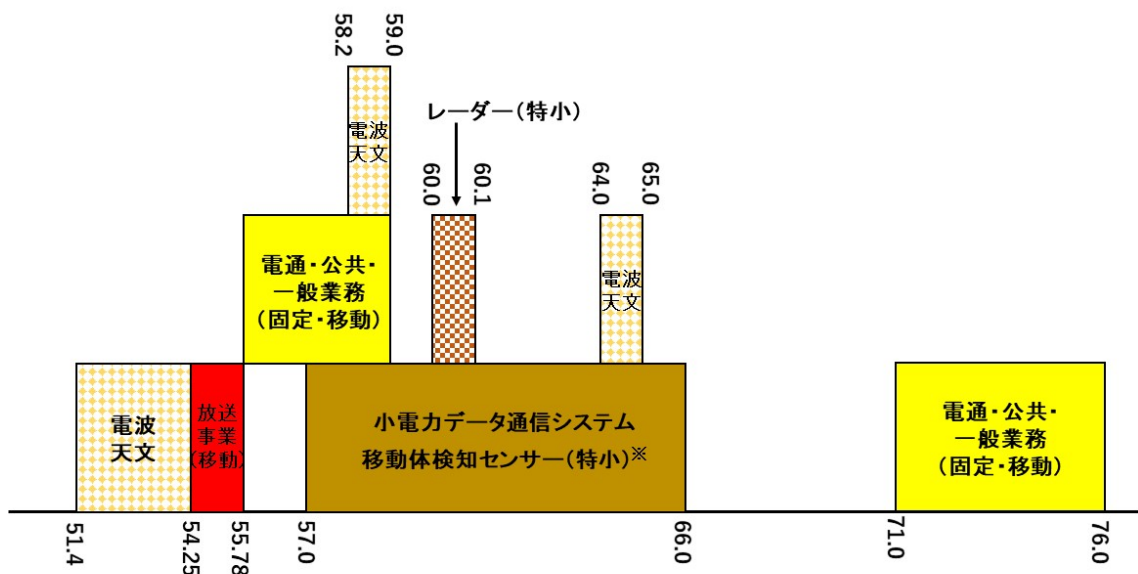


図1-1 60GHz 帯近傍の周波数の利用状況

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(デューティー比)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)。

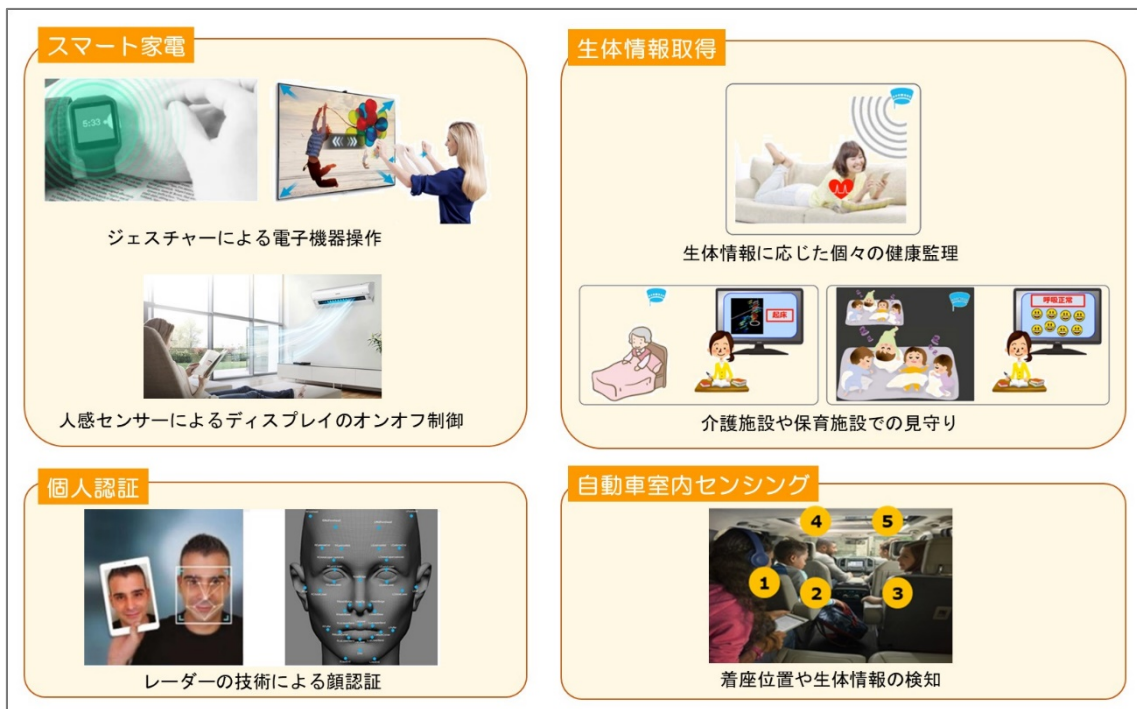


図1-2 広帯域センサーのユースケース

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1-1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
規則・勧告		FCC 47CFR § 15.255	FCC 47CFR § 15.255	FCC DA18-1308	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 field 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)	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		GB9254-2008
周波数		57-71GHz	61-61.5GHz	57-64GHz	57-64GHz	61-61.5GHz	57-66GHz	59-64GHz
空中線電力	平均				10dBm	10dBm		
	尖頭	-10dBm		10dBm			27dBm*	10dBm
電力密度 (PSD)	平均				13dBm/MHz (EIRP)	規定しない		
	尖頭			13dBm/MHz (EIRP)			13dBm / MHz	
空中線利得							16dBi 以下	
EIRP	平均		40dBm		20dBm	20dBm		44dBm
	尖頭	10dBm	43dBm	13dBm			43dBm	47dBm
変調方式		規定しない	規定しない	FMCW	規定しない	規定しない	規定しない	規定しない
占有周波数帯幅			500MHz 以下					
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。

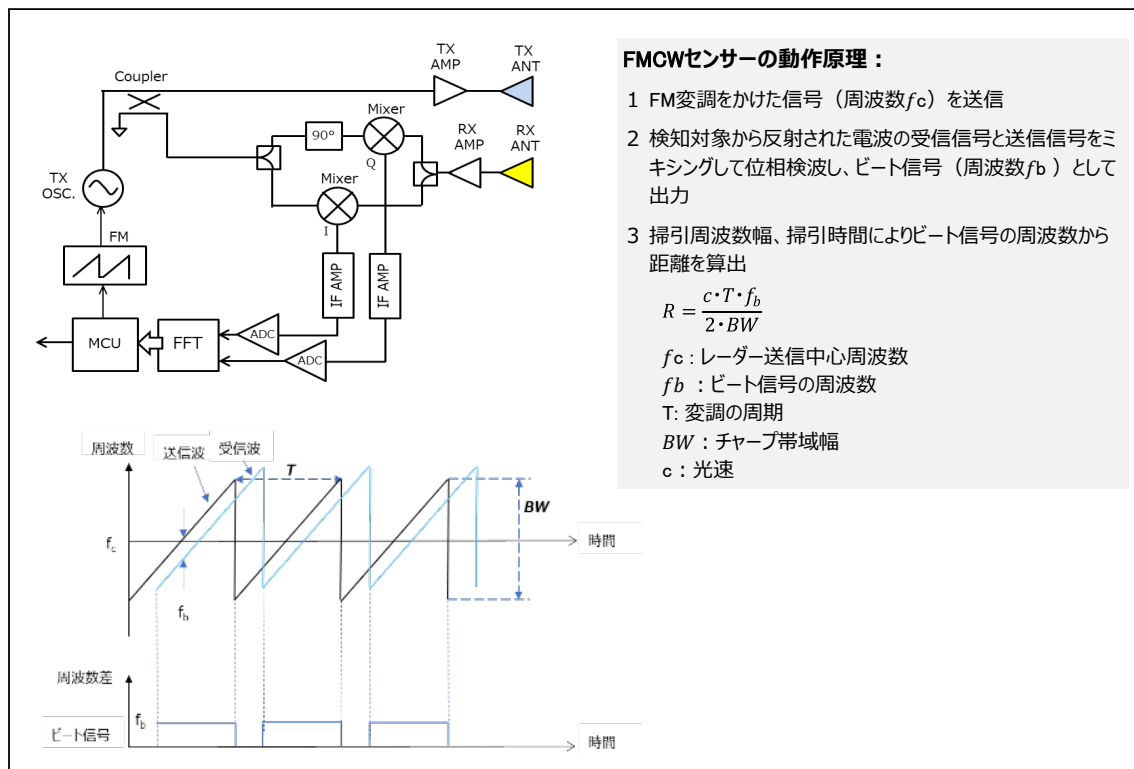


図2-1 FMCW方式のセンサーの仕組み

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。

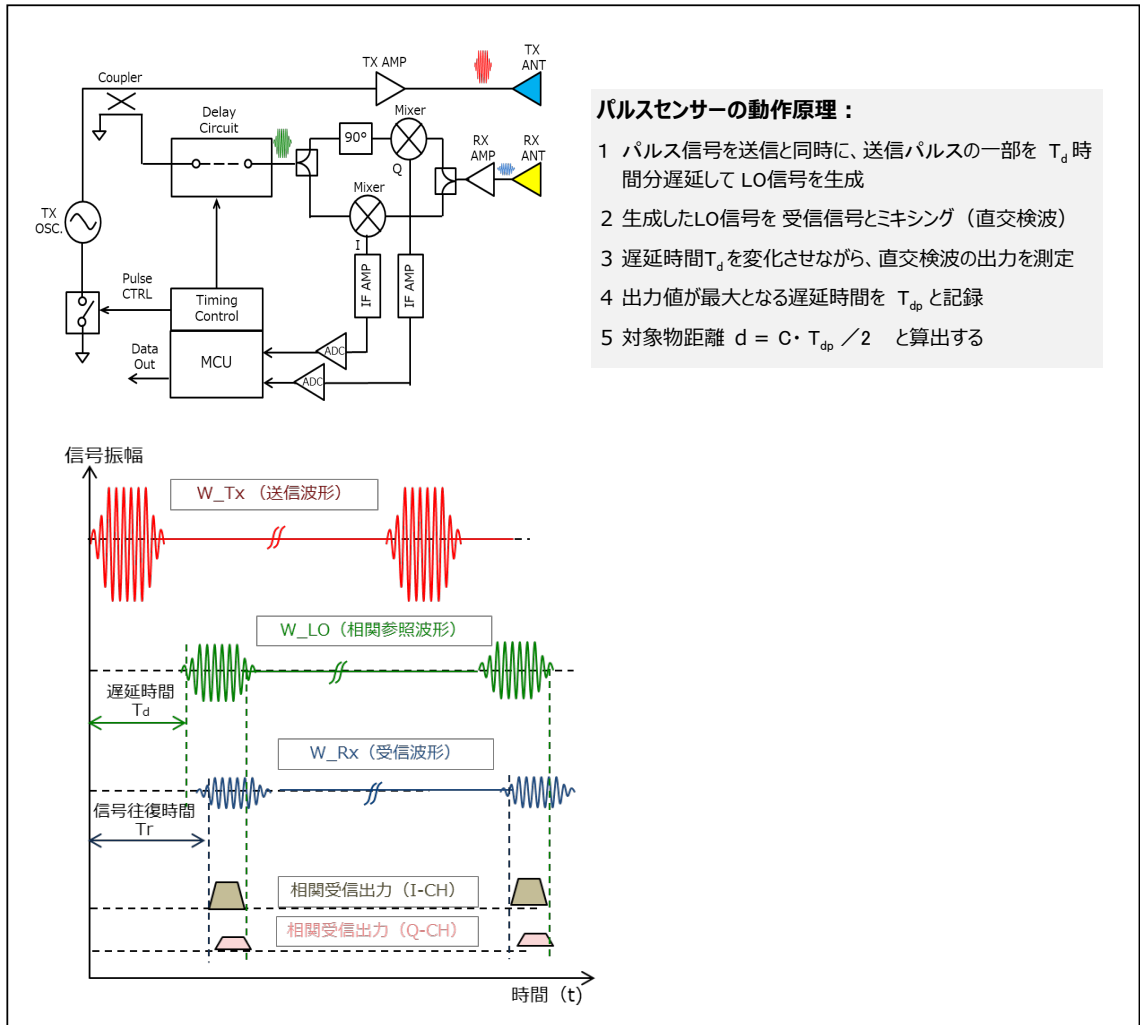


図2-2 パルス変調方式のセンサーの仕組み

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

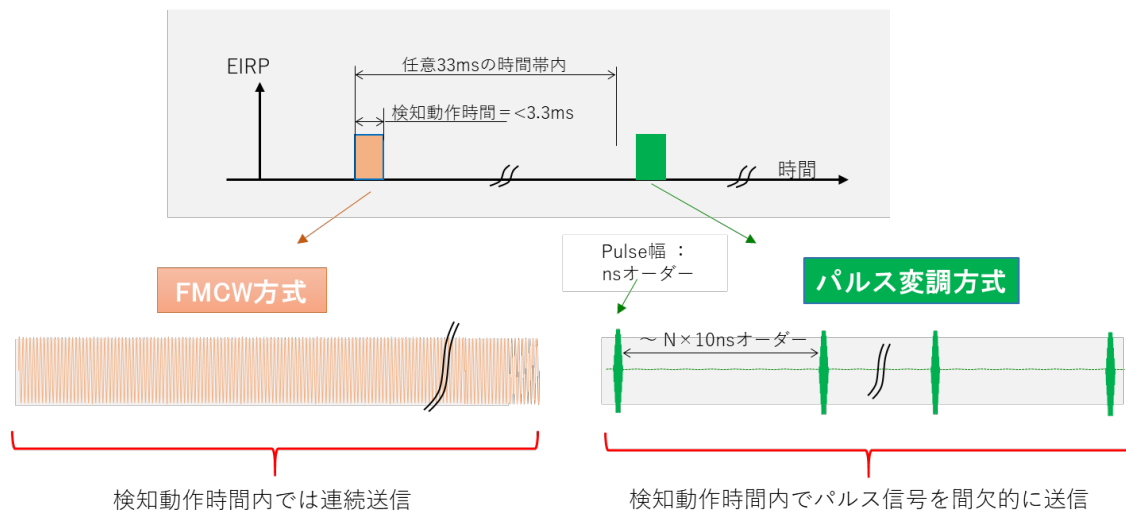


図2-3 パルス方式とFMCW方式との比較(時間軸)

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)が極めて小さくなる。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

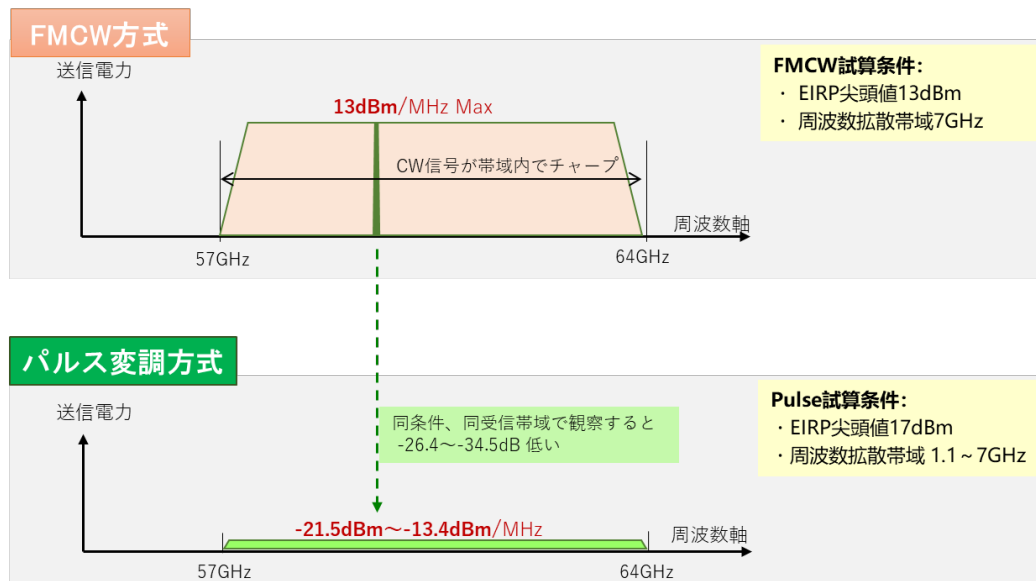


図2-4 パルス方式とFMCW方式との比較(周波数軸)

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)

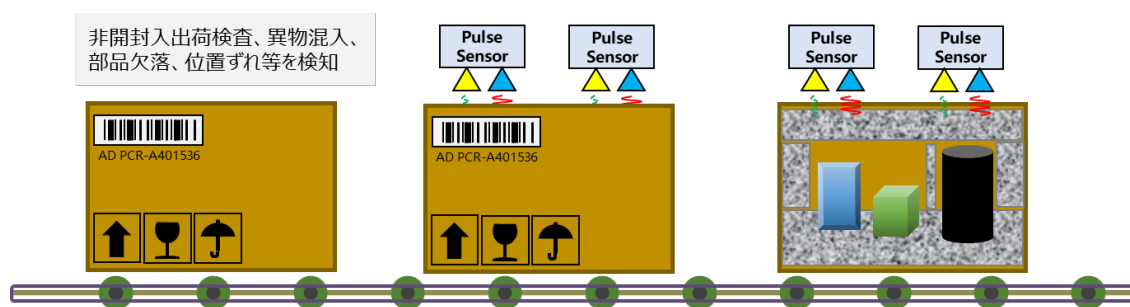


図2-6 広帯域センサーのユースケース(生産ラインの出荷ロボット)

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 幅の利用を前提とする。
- 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})	+/- 65 °
アンテナ利得(G_i)	5 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。

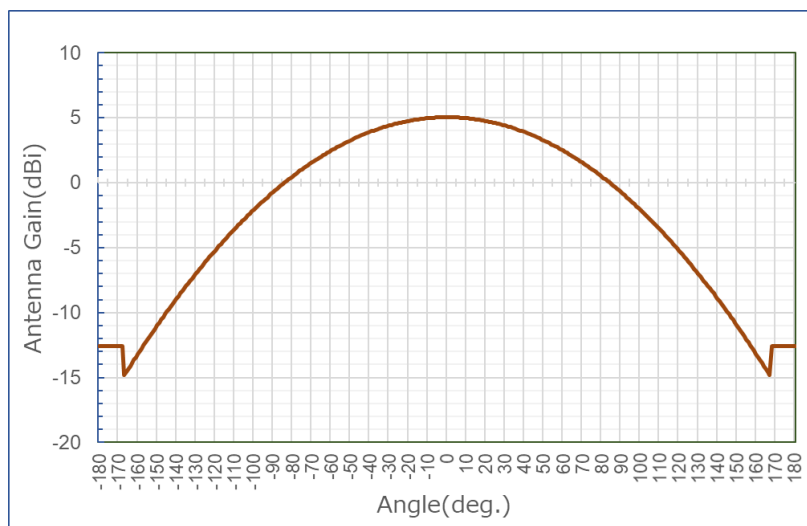


図3-1 パルス変調方式のセンサーシステムのアンテナパターン
(Beam=130deg., Gain=5dBi, Sidelobe=-12.6dBi)

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。

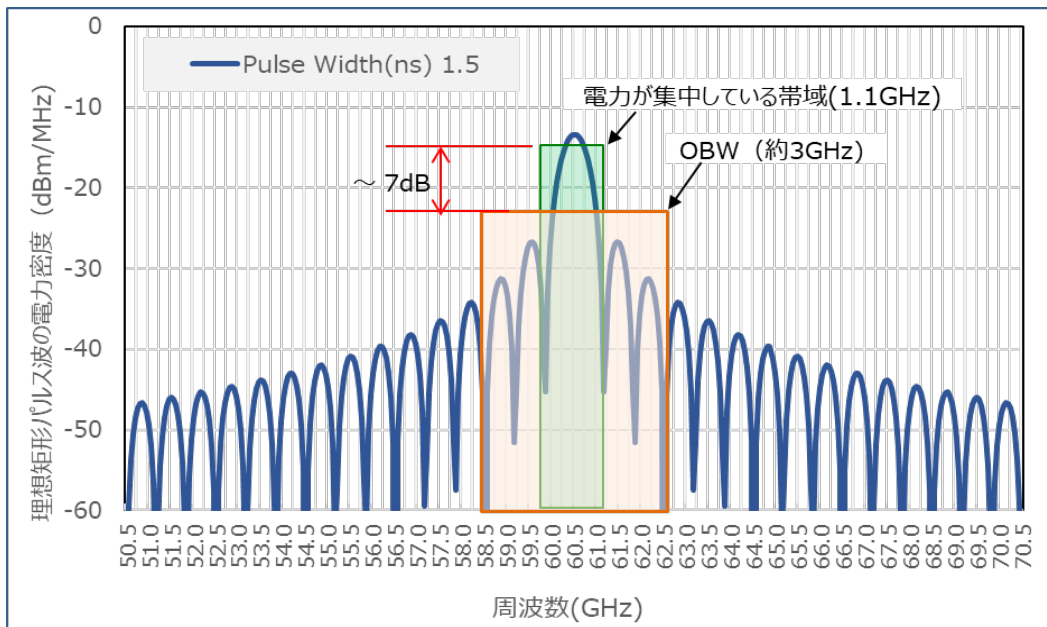


図3-2 パルス変調信号(理想矩形パルス)のスペクトラム

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。

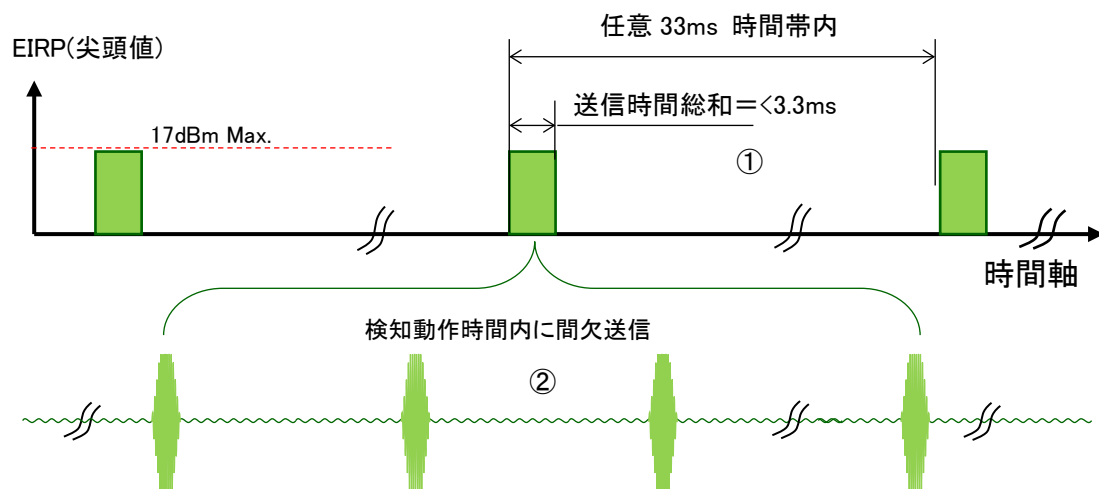


図3-3 パルス変調方式のセンサーシステムの間欠送信動作のイメージ

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)。

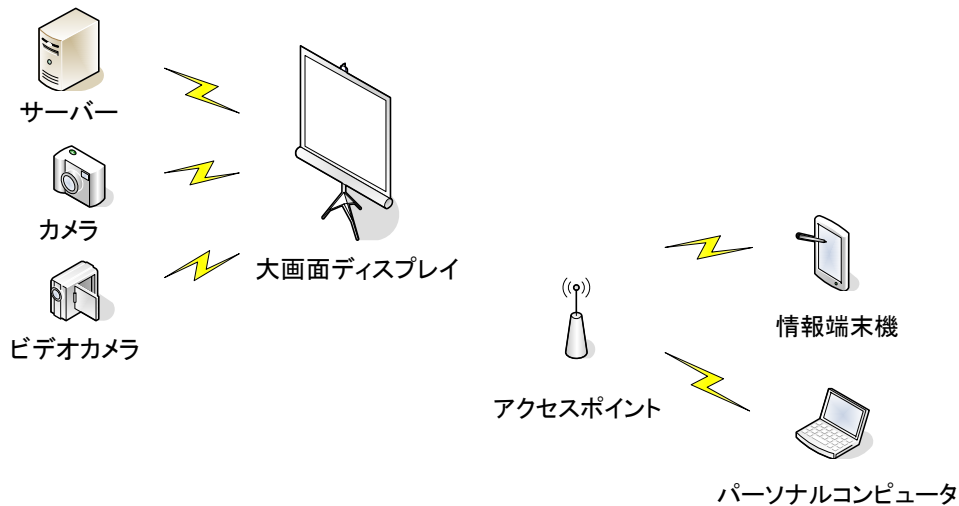
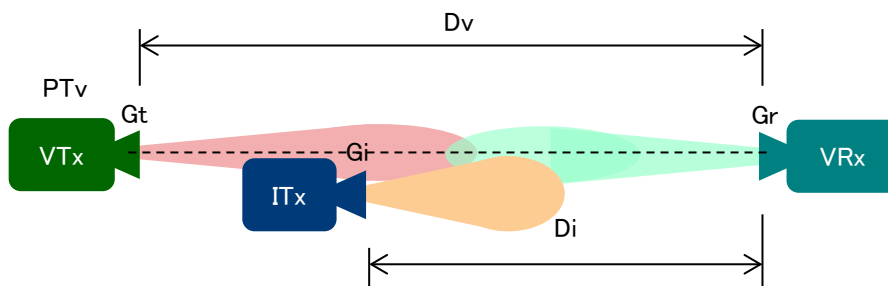


図3-4 高速データ通信システムの利用イメージ

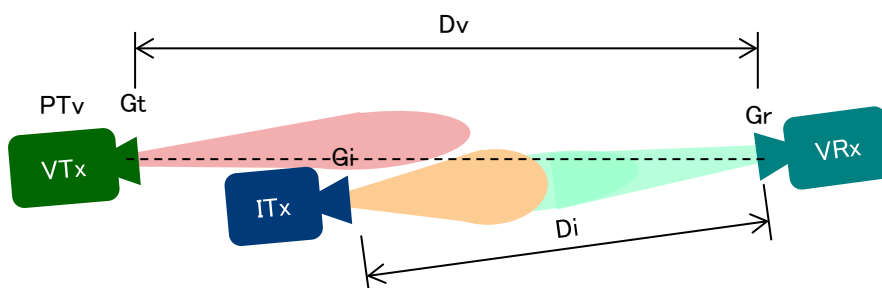
② 干渉検討モデル

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。

干渉検討モデル及び屋内 WiGig システムの技術諸元を図3-5及び表3-5に示す。



与・被干渉端末が正対、被干渉送受信機が正対



与・被干渉端末が正対、被干渉送受信機が半値角ずれる

図3-5 高速データ通信システムとの干渉検討モデル

表3-5 屋内 WiGig システムの諸元

周波数(F_v)	60.48 GHz
送信電力(PT_v)	23 dBm
送受信空中線利得(G_t / G_r)	17.14 dBi(正対時) 14.14 dBi(半値角)
受信帯域幅(BW)	2.16 GHz
受信機雑音指数(NF)	10 dB
所要 CNR(CN_{req})	8.48 dB(16QAM/OFDM) 14.5 dB(64QAM/OFDM)
CCA ブロック電力(P_{CCA})	-48 dBm
与干渉機台数(N)	1、5、10 台

③ 検討結果

<CCA ブロック離隔距離>

以下の前提条件にて干渉波の受信電力を算出する。

- ・ パルスセンサーの送信タイミングについては考慮せず、台数分の干渉波電力を積算する。
- ・ 屋内 WiGig システムの空中線利得は 0dBi と仮定する。

計算結果を図3-6に示す。

パルスセンサーと屋内 WiGig システムの受信アンテナが正対した場合、屋内 WiGig システムの CCA ブロック回避に必要な離隔距離は、パルスセンサーが1台、5台、10台の場合、それぞれ、0.18m 0.40m、0.56m となる。

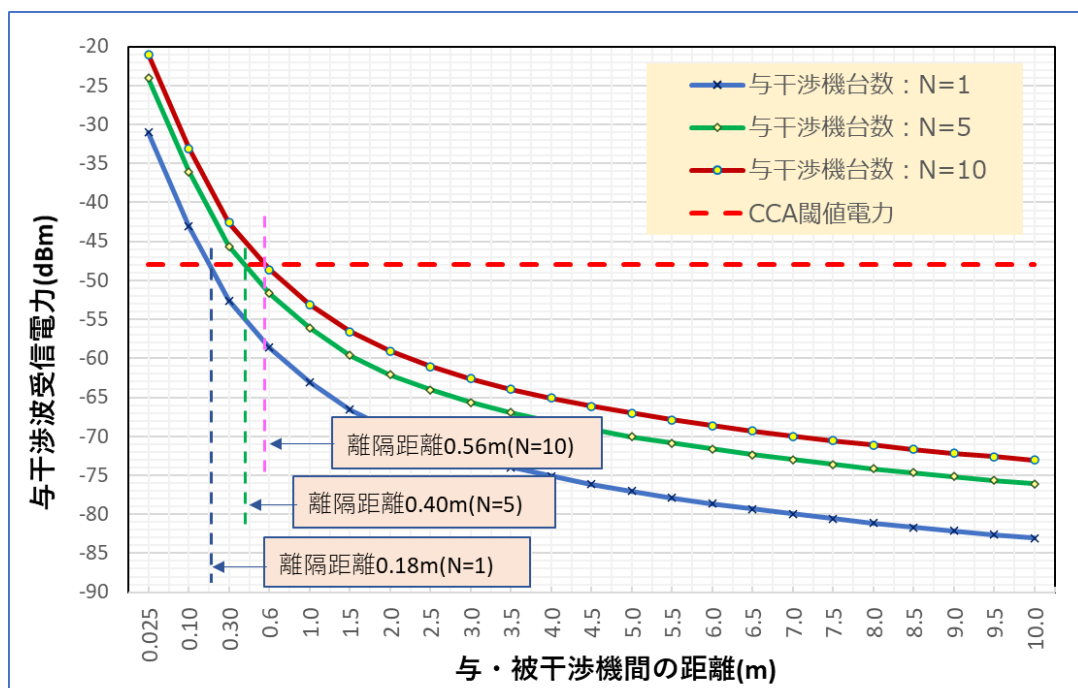


図3-6 干渉波の受信電力と CCA ブロック離隔距離

<CCA ブロック確率>

以下の前提条件にて屋内 WiGig システムの CCA ブロック確率を算出する。

- ・パルスセンサーは全て CCA ブロック離隔距離内(0.18m 以内)にあると仮定する。
- ・パルスセンサーは送信時間が重複しないものと仮定する(図3-7)。
- ・パルスセンサーのアンテナが屋内 WiGig システムに正対する場合、及びランダムな方向を向く場合の2つのケースで計算する(図3-8)

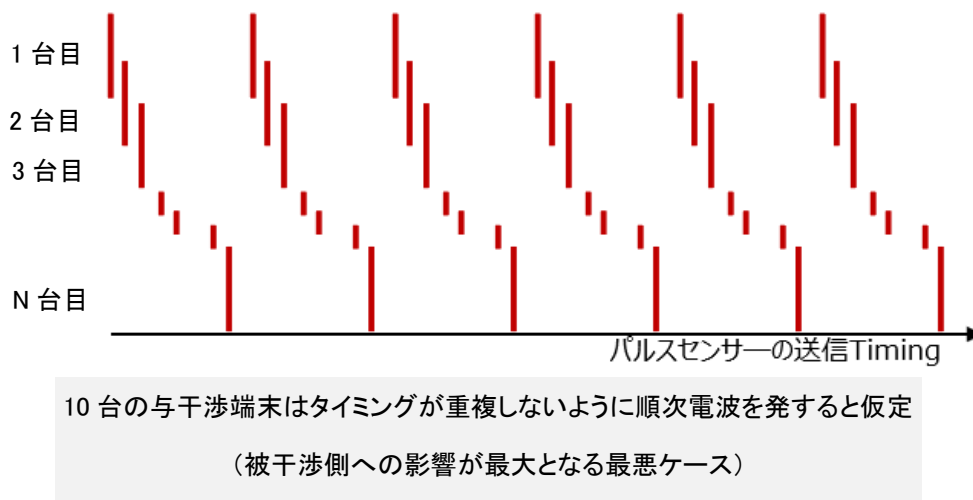


図3-7 与干渉端末の電波送信タイミング

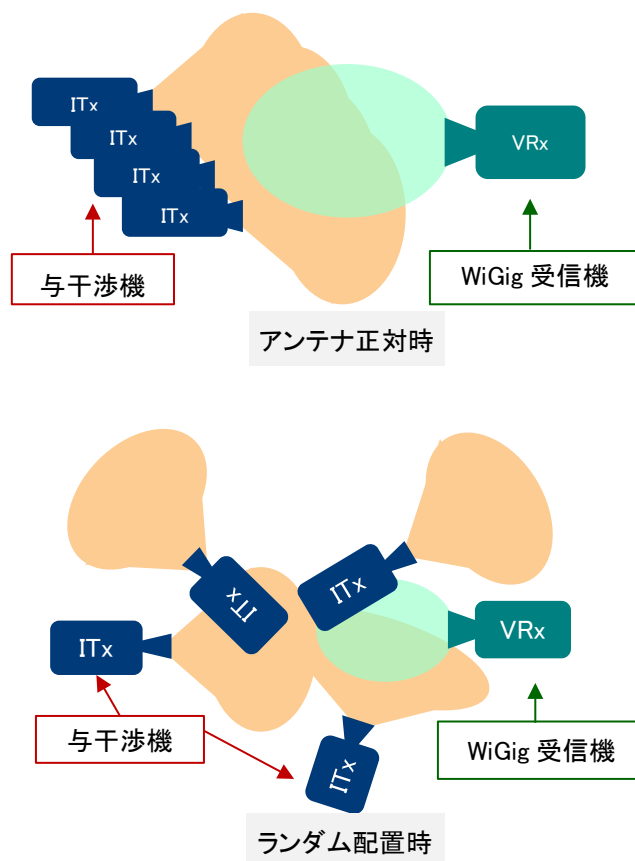


図3-8 与・被干渉端末の位置関係(アンテナ方向)

計算結果を表3-6に示す。正対配置の場合、与干渉端末が1台の場合でCCAブロック確率が10%となるが、実際の利用環境においては、与・被干渉端末間距離が18cmまで近接するケースは想定されないと考えられる。ランダム配置の場合、与干渉端末が10台であってもCCAブロック確率は10%以下となる。

表3-6 屋内 WiGig システムの CCA ブロック確率

与干渉端末台数	1	1	10
与・被干渉端末間距離	0.18m 以下		
与干渉端末の配置	正対配置	ランダム配置	
CCA ブロック確率	10%	0.625%	6.25%

<通信時の所要離隔距離>

屋内 WiGig システムが通信を行っている場合のパルスセンサーからの干渉による影響について、以下の前提条件にて CNR 基準を満たす所要離隔距離を算出する。

- ・ 与干渉端末の台数は1台とする。
- ・ 被干渉の送受信機端末が正対またはアンテナ方向が半値角ずれたケースを想定する

(図3-9)

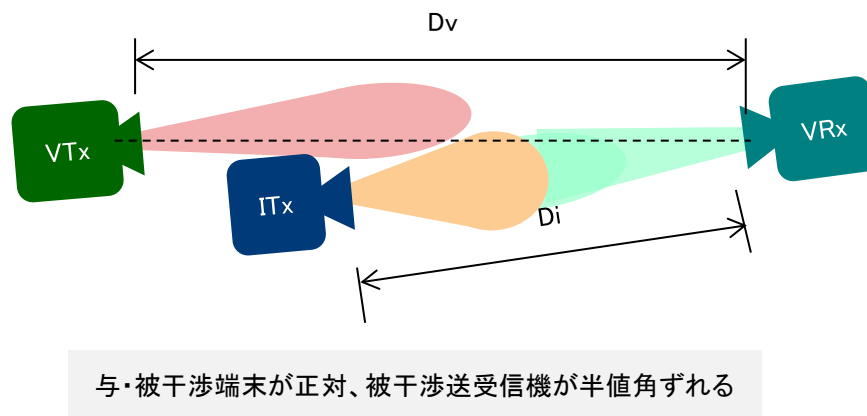
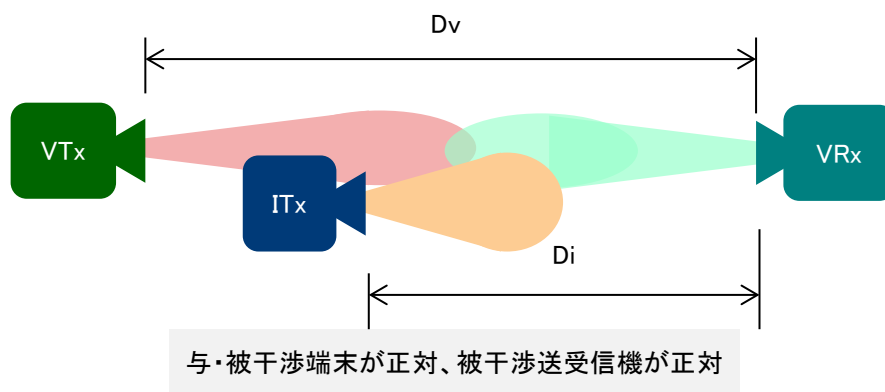


図3-9 与・被干渉端末の位置関係(アンテナ方向)

屋内 WiGig システムの変調方式が 16QAM/OFDM 及び 64QAM/OFDM の場合について所要離隔距離を算出した結果を図3-10に示す。

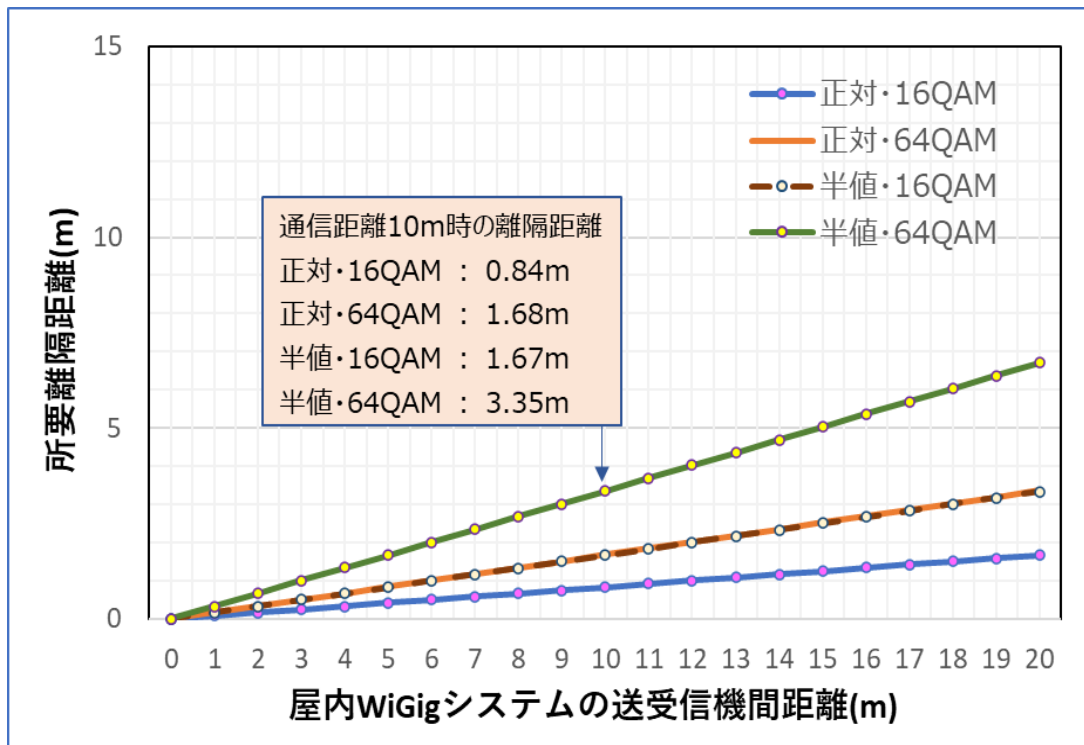


図3-10 屋内 WiGig システム通信時の所要離隔距離

屋内 WiGig システムの通信距離が 10m となる時の所要離隔距離を表3-7に示す。被干渉となる屋内 WiGig システムの送受信アンテナが半値角分ずれた場合、所要 CNR を満たす離隔距離は 16QAM/OFDM の場合で 1.67m、64QAM/OFDM の場合で 3.35m となる。

なお、本計算では技術的条件となる送信時間制御装置による連続送信時間の制限を考慮していない。実際のパルスセンサーは、連続送信時間の制限があることに加えて、パルス信号そのものが連続波ではないことから、実質的な電波の送信時間率は 1%にも満たない。よって、屋内 WiGig システムに与える影響は大幅に緩和され、所要離隔距離は計算結果よりも縮まる。

表3-7 屋内 WiGig システム通信時の所要離隔距離(通信距離 10m)

被干渉送受信機 アンテナの向き	正対	正対	半値角ずらす	半値角ずらす
WiGig 変調方式	16QAM/OFDM	64QAM/OFDM	16QAM/OFDM	64QAM/OFDM
所要離隔距離	0.84m	1.68m	1.67m	3.35m

④ 実証試験

パルスセンサーが屋内 WiGig システムに与える干渉の影響を評価するため、パルスセンサーの電波を送信した状態で屋内 WiGig システムの通信速度を測定し、10%低下する時の離隔距離を測定する。

図3-11に実験系統図を示す。

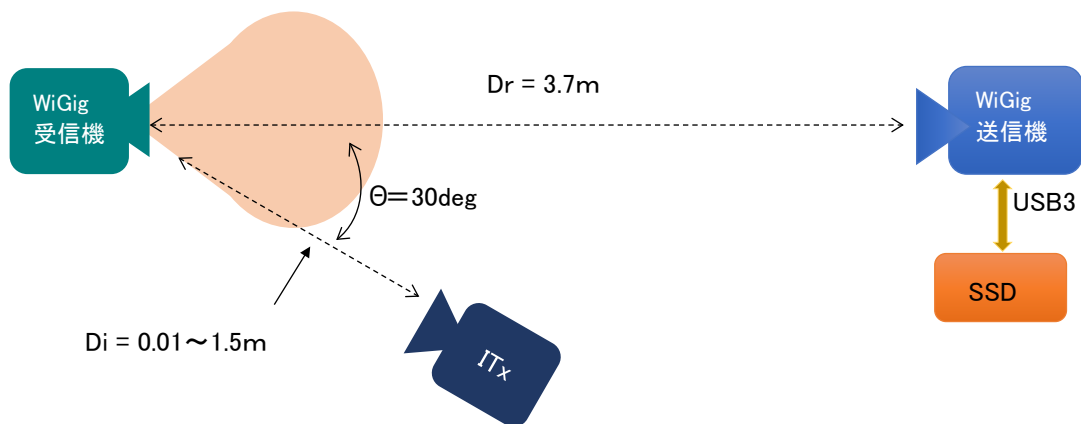


図3-11 実証試験系統(パルスセンサーから屋内 WiGig システムへの干渉評価)

また、実験で用いた与・被干渉端末の概要を表3-8、表3-9及び図3-12に示す。

表3-8 試験機材の概要(被干渉端末)

中心周波数	60.48 GHz
通信チャンネル	WiGig CH2(59.4~61.56GHz)
等価等方輻射電力	23 dBm(実測値から推定)
送受信帯域幅	2.16 GHz
変調方式	SC-BPSK/QPSK/16QAM(通信速度から推定)
備考(使用した試験装置)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 受信装置: ThinkPad X270 PC(Lenovo 社) ・ 送信装置: ThinkPad WiGig Dock ・ 波形測定装置: UXR1102A 110GHz オシロスコープ(Keysight) ・ 受信ホーンアンテナ: SAR-2309-15-S2 (SAGA) 	

表3-9 試験機材の諸元(与干渉端末)

中心周波数	60.5 GHz
等価等方輻射電力(平均値)	4.8 dBm
送信時間制御	2.7 ms
与干渉電波帯域幅	1.1 GHz
干渉機台数	1 台

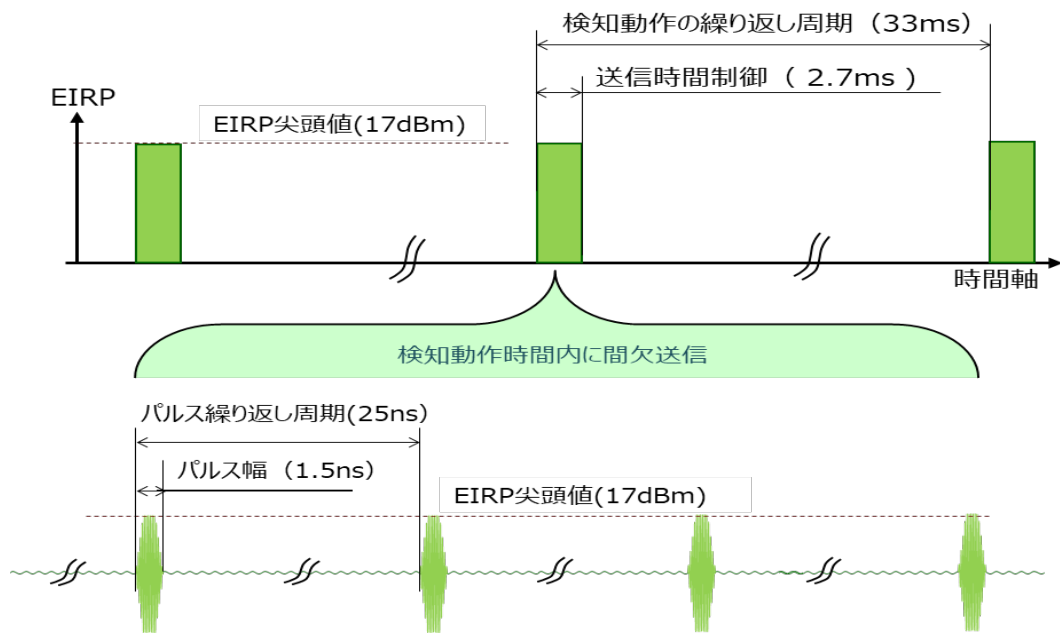


図3-12 パルスセンサーの信号波形

実証試験による測定結果を図3-13に示す。

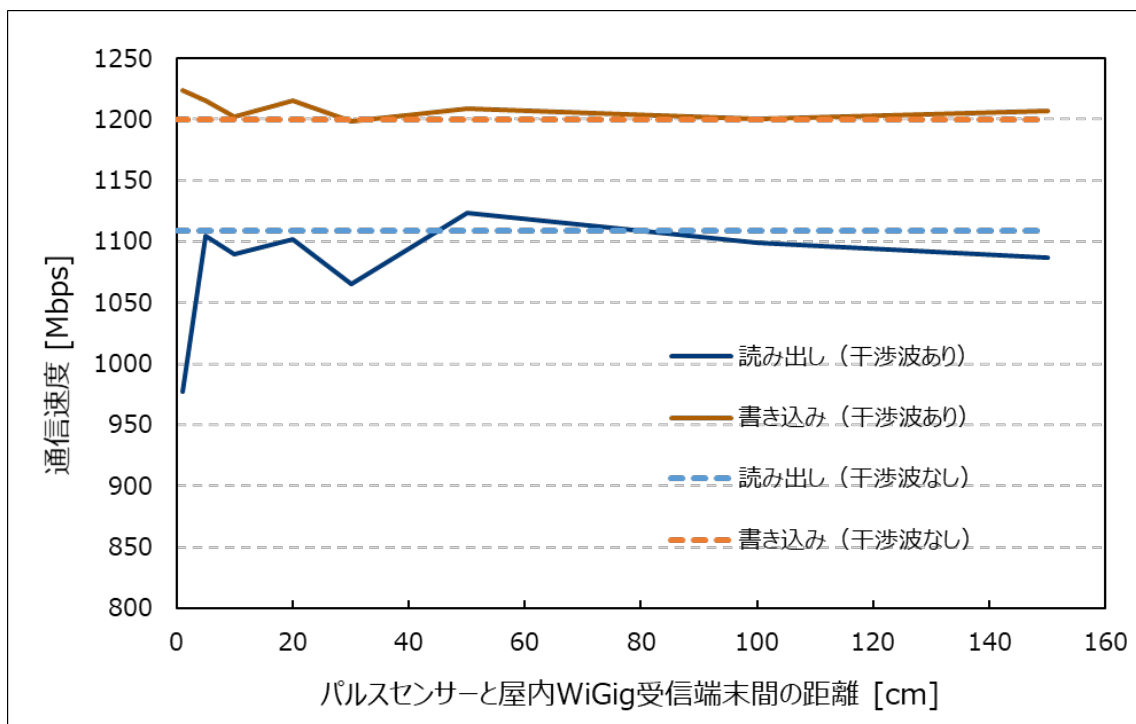


図3-13 実証試験結果(屋内 WiGig システムの通信速度)

実証試験の結果、パルスセンサーが PC(屋内 WiGig システム受信機)の 5cm まで接近しても通信速度の低下は見られなかった。また、パルスセンサーが 1cm まで接近すると読み出し速度の低下が見られたが、書き込みの速度には変化がなかった。

なお、現状、市販されている WiGig の無線装置に実装された変調方式はシングルキャリア (BPSK/QPSK/16QAM) が一般的であり、今回使用した WiGig の無線装置については、測定時の通信速度が 1.1~1.2Gbps 程度となることからシングルキャリア (BPSK 相当) の通信であると考えられる。また、測定環境の制約から、屋内 WiGig システムの送受信機間距離は 3.7m となる。

実測と同じ条件で机上計算によって所要離隔距離を算出すると、表3-10に示す結果となり、測定時の WiGig の通信モード (BPSK 相当) では、所要離隔距離は机上計算の値よりも小さくなることが確認できた。

表3-10 WiGig の変調方式毎の所要離隔距離

変調方式	シングルキャリア(SC)		
	BPSK	QPSK	16QAM
キャリア変調	BPSK	QPSK	16QAM
Code Rate	13/16	13/16	3/4
所要 CNR	6.1	9.1	15.0
パルスセンサーの送信時間率 (%) *	0.491	0.491	0.491
送受信機間通信距離(m)	3.7	3.7	3.7
所要離隔距離(m)	0.065	0.092	0.181

* 送信時間制御による送信時間の比率とパルス信号のデューティー比を考慮した送信時間率

なお、実測においては、5cm の離隔ではパルスセンサーの筐体そのものが WiGig の電波を遮蔽することによる伝送速度の劣化も生じており、パルスセンサーの電波による干渉の影響のみを考慮すれば、実測の離隔距離は 5cm よりも小さいと考えられる。

⑤ 共用条件

CCA ブロック離隔距離はパルスセンサー1 台に対して 0.18m 以下となること、及び、CCA ブロック確率はパルスセンサー10 台(ランダム配置)の場合でも 10%未満となることから、パルスセンサーから屋内 WiGig システムのキャリアセンス機能への影響は軽微であると考えられる。また、屋内 WiGig システムの通信時においては、屋内 WiGig システムの変調方式が 64QAM/OFDM、通信距離が 10m の条件で所要離隔距離は最大 3.35m となったが、実際のパルスセンサーの電波送信時間率は 0.1%を下回ることから、所要離隔距離は大きく短縮される。実証試験においては、通信距離が 3.7m の条件ではあるが、離隔距離が 5cm となるまで通信速度の変化が見られなかったことから、実際の利用環境では、屋内 WiGig システムとの共用は可能と考えられる。

(1-2) WiGig(屋外)

① システム概要

60GHz 帯の小電力データ通信システムは、屋外向けとして、FWA のような P to P(Point to Point)、P to M(Point to Multi Point)通信や動画広告配信のようなマルチキャスト通信で利用されている。通信速度は 1Gbps 程度で通信距離は数 10m～数 100m が一般的であるが、WiGig の後継規格となる IEEE802.11ay では通信速度が 2Gbps 程度数 km の通信が可能となるとされている。本検討においては、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「屋外 WiGig システム」という)。

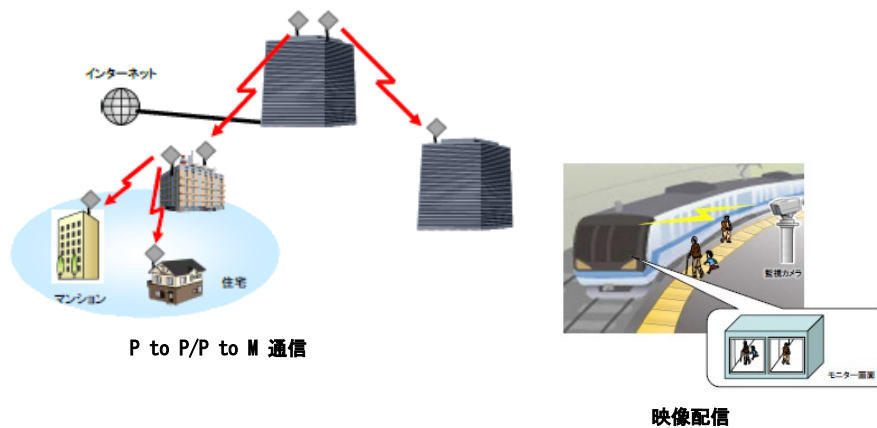


図3-14 屋外 WiGig システムの利用イメージ

② 干渉検討モデル

与干渉端末(パルスセンサー)から被干渉端末(屋外 WiGig システム)への干渉について、屋外 WiGig システムの CCA ブロック離隔距離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。

干渉検討モデル図3-15に、屋外 WiGig システムの技術諸元を表3-11及び図3-16に示す。

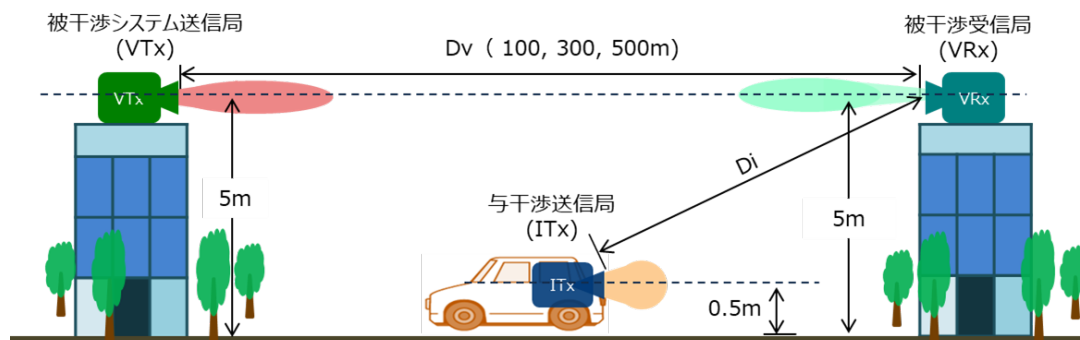


図3-15 干渉検討モデル(屋外 WiGig システム)

表3-11 被干渉システムの諸元

周波数(F_v)	60.48 GHz
送信電力(P_{T_v})	20 dBm
送受信空中線利得(G_t, G_r)※	20 dBi
空中線半値角(θ_{3dB})	18.6 度
受信帯域幅(BW)	2.16 GHz
受信機雑音指数(NF)	10 dB
所要 CNR(CN_{req})	8.48 dB (16QAM/OFDM)
CCA ブロック電力(P_{CCA})	-48 dBm
送受信機設置高(H)	5 m

※ 実際のパルスセンサーの送信アンテナは下向きであるが、最悪条件として被干渉受信局に正対すると仮定して干渉計算を実施。

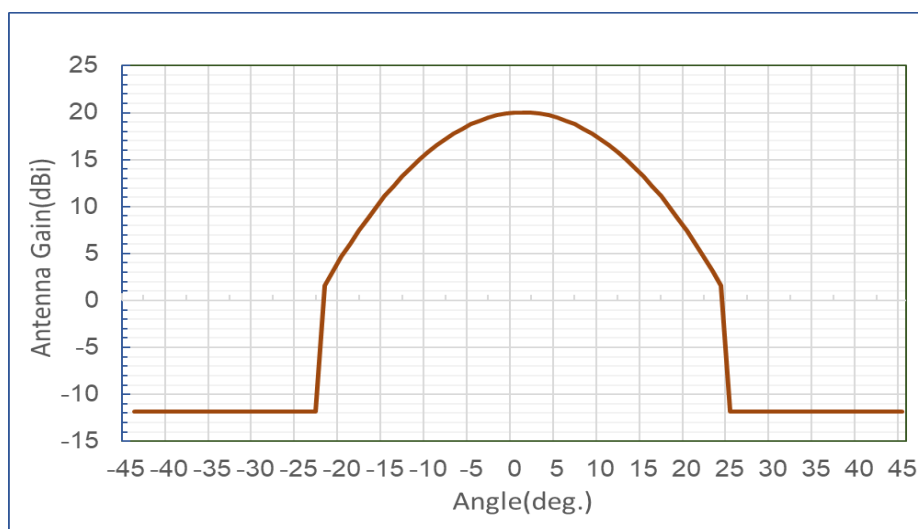


図3-16 屋外 WiGig システムのアンテナパターン

③ 検討結果

<CCA ブロック離隔距離>

以下の前提条件にて干渉波の受信電力を算出する。

- ・ 与干渉端末(パルスセンサー)は1、5、10 台、設置高は 0.5m 及び 1.5m の条件とする。
- ・ 被干渉端末(屋外 WiGig システム)の設置高は 5m の条件とする。この場合、パルスセンサーが屋外 WiGig システムに向けて電波を発射することは想定されないが、本検討においては、全てのパルスセンサーが屋外 WiGig システムに向かって電波を発射するものと仮定する。

計算結果を図3-17及び図3-18示す。

パルスセンサーと屋外 WiGig システムの位置関係により送・受信アンテナの利得が変化するため、屋外 WiGig システムが受信した与干渉波受信電力は 18~25m の距離で最大となる。

¹ IEEE802.15.3c のミリ波 WPAN タスクグループのチャネルモデリングの基準アンテナモデルとして採用されたアンテナモデル (I.Toyoda and T.Seki, "Antenna Model and Its Application to System Design in the Millimeter-wave Wireless Personal Area Networks Standard" NTT Technical Review.) (Beam=18.6deg., Gain=20dBi, Sidelobe=-11.8dBi)

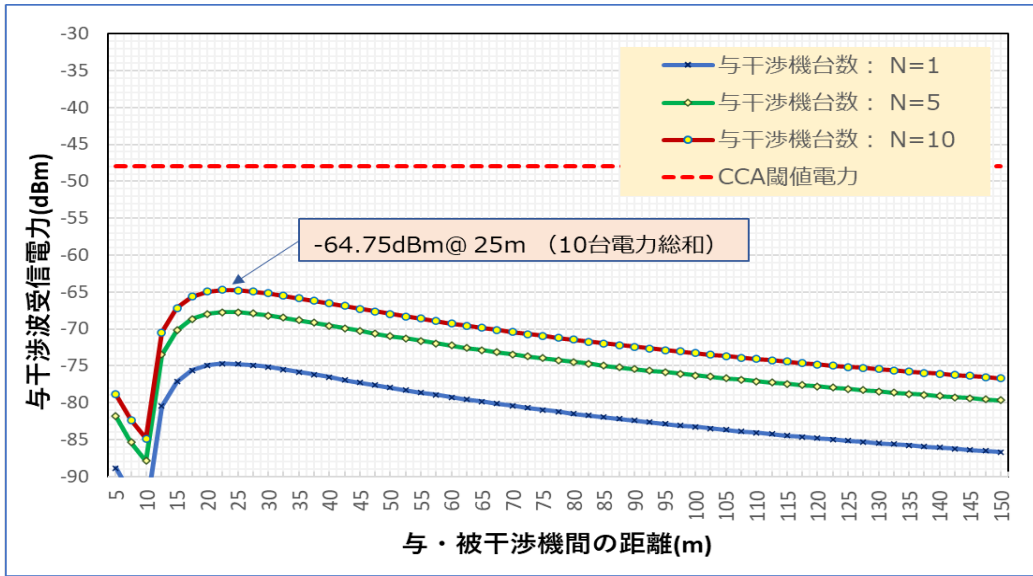


図3-17 与干渉波の受信電力(与干渉送信高:0.5m)

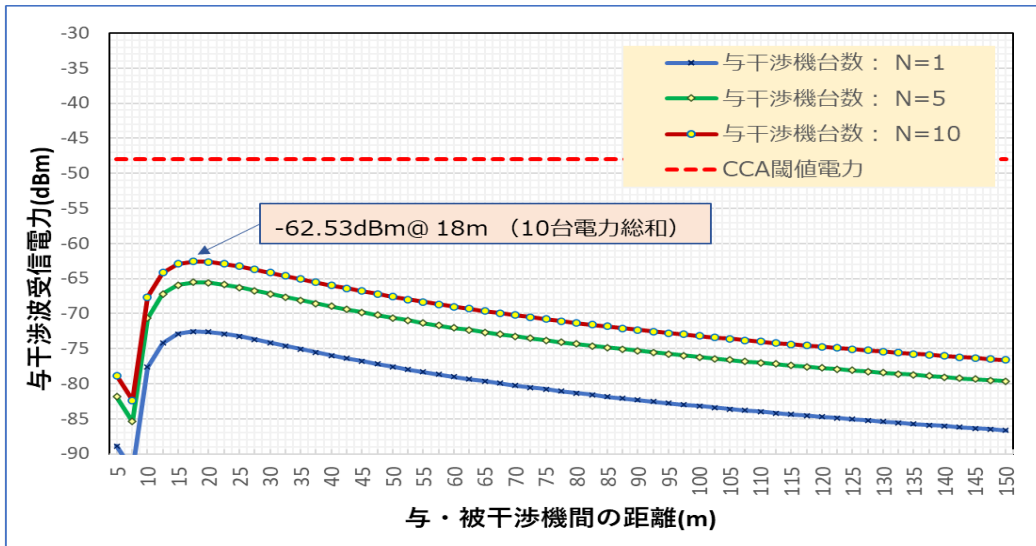


図3-18 与干渉波の受信電力(与干渉送信高:1.5m)

各条件での与干渉波受信電力の最大値を表3-12に示す。いずれのケースも CCA 閾値電力となる -48dBm 超えない結果となった。

表3-12 与干渉波受信電力の最大値

与干渉機台数	1	5	10	10
与干渉端末の送信高(m)	0.5			1.5
干渉波受信電力(dBm)	-74.8	-67.8	-64.8	-62.5

<通信時の所要離隔距離>

屋外 WiGig システムが通信を行っている場合のパルスセンサーからの干渉による影響について、以下の前提条件にて干渉波受信電力を算出する。

- ・与干渉機の台数は1台、設置高は 0.5m 及び 1.5m の条件とする。
- ・屋外 WiGig システムの送受信機間の距離は 100m、300m、500m の条件とする。

計算結果を図3-19及び図3-20に示す。

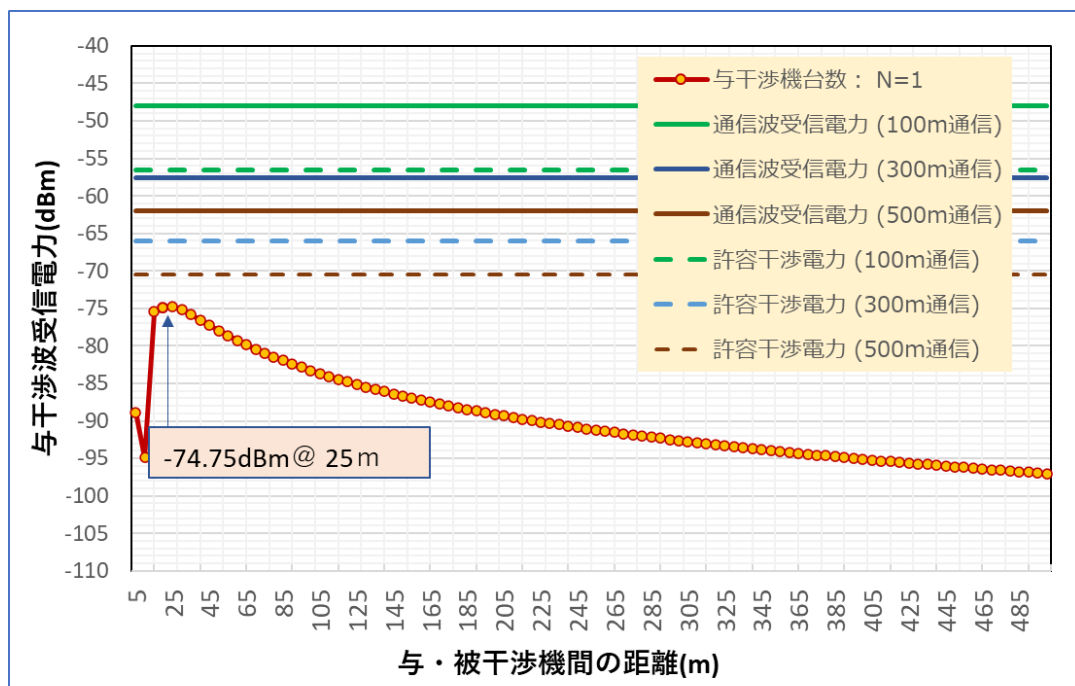


図3-19 屋外 WiGig システム通信時の干渉波受信電力(与干渉送信高:0.5m)

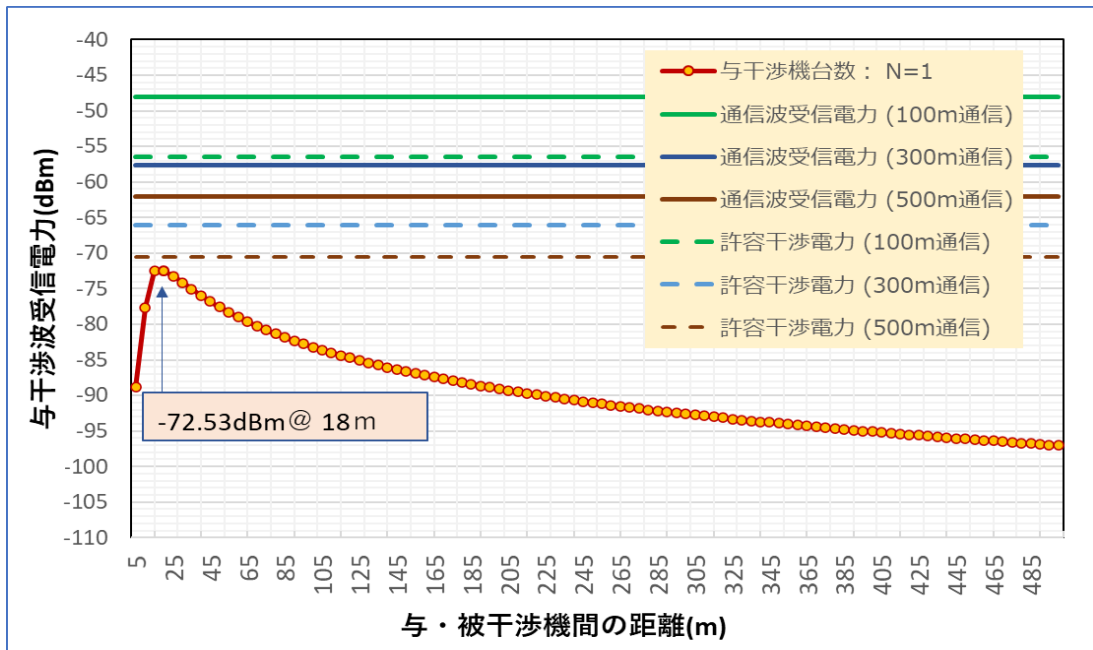


図3-20 屋外 WiGig システム通信時の干渉波受信電力(与干渉送信高: 1.5m)

屋外 WiGig システムの通信距離が 100m、300m、500m となる時の干渉波受信電力の最大値、許容干渉電力及び干渉マージンを表3-13示す。いずれのケースでも干渉マージンはプラスとなった。

表3-13 干渉波受信電力の計算結果

被干渉送受信機の通信距離(m)	100	300	500	500
与干渉端末の送信高(m)	0.5			1.5
干渉波受信電力の最大値(dBm)	-74.75			-72.53
干渉許容電力(dBm)	-56.50	-66.05	-70.48	-70.48
干渉マージン (dB)	18.24	8.70	4.26	2.04

④ 共用条件

屋外 WiGig の通信距離が 100m、300m、500m のいずれの条件下においても干渉波受信電力は CCA 閾値電力の-48dBm を超えることはないため、パルスセンサーから屋外 WiGig シス

テムのキャリアセンス機能への影響はないと考えられる。また、屋外 WiGig システムの通信時においては、干渉波受信電力は所要 CNR から算出される許容干渉電力に対してマージンがあることから、パルスセンサーと屋外 WiGig システムとの共用は可能と考えられる。

(2) 共同住宅共聴システム

① システム概要

ミリ波の画像伝送システムの一つとして使われており、集合住宅の屋上等で屋外アンテナに接続された基地局送信機から、各家庭のベランダ等に設置された加入者局受信機へ衛星放送の番組を伝送するシステムである。

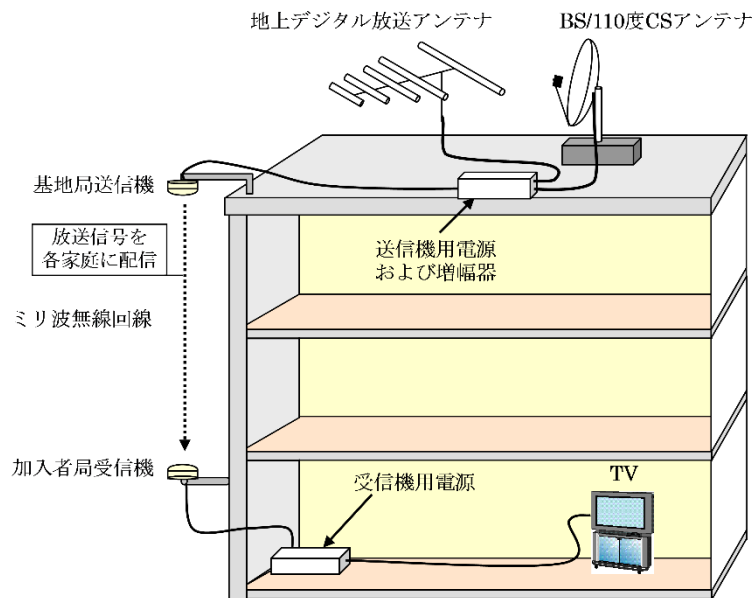


図3-21 共同住宅共聴システムの利用イメージ

② 干渉検討モデル

与干渉端末(パルスセンサー)から被干渉端末(共同住宅共聴システム)への干渉について、パルスセンサーが車載の場合またはモバイル端末の場合を想定し、被干渉端末の受信アンテナに接近する場合の所要離隔距離(CNR 基準)を算出することにより検証する。

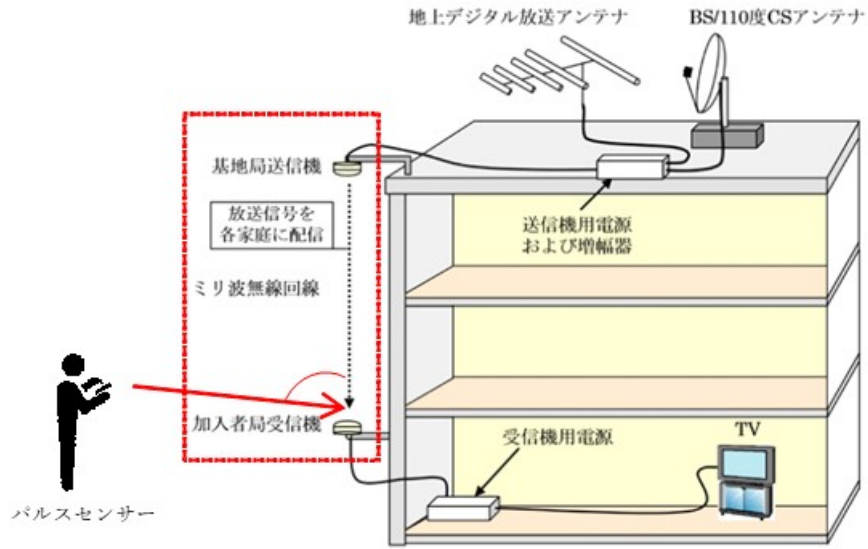


図3-22 干渉検討モデル(共同住宅共聴システム)

共同住宅共聴システムの諸元を表3-14及び図3-23に示す。

表3-14 共同住宅共聴システムの諸元

周波数(F_v)	60.05 GHz
送信電力(PT_v)	-14.0 dBm
送受信空中線利得(G_t/Gr)	23 dBi
空中線半値角 (θ_{3dB})	6.71 度
空中線 Main Lobe 幅 (θ_{ml})	17.3 度
空中線 Side Lobe 利得 (G_θ)	-11.4 dBi
Side Lobe ($>90^\circ$) (G_{side})	-13 dBi
受信帯域幅 (BW)	34.5 MHz
受信機雑音指数	7 dB
所要 CNR (CN_{req})	20.2 dB
伝送距離 (D)	20 m
CH 内熱雑音電力 (P_n)	-91.5 dBm

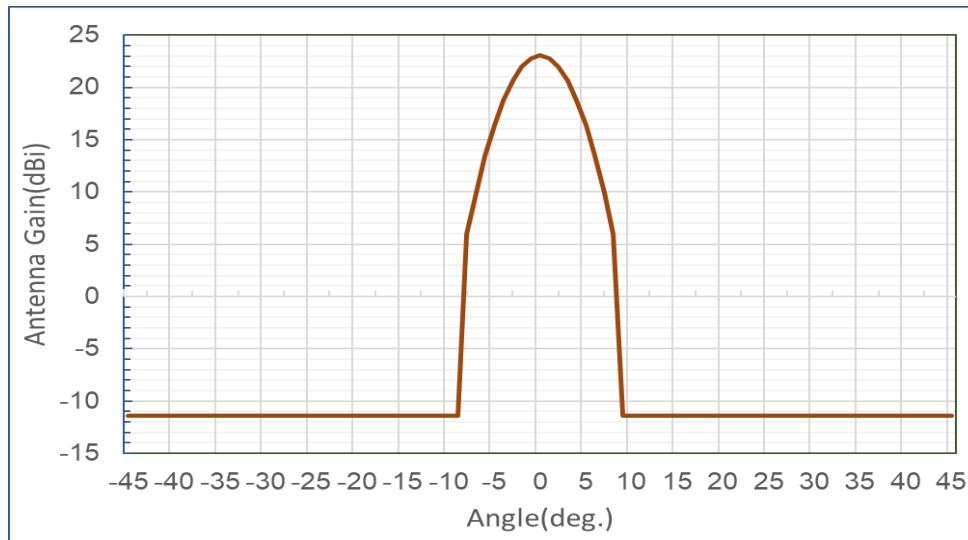


図3-23 共同住宅共聴システムのアンテナパターン

2

③ 検討結果

以下の前提条件においてパルスセンサーによる干渉波が共同住宅共聴システムの受信アンテナで受信される電力(干渉波受信電力)を算出する。

- ・ 共同住宅共聴システムの通信距離を 20m とする。
- ・ 干渉波受信電力は干渉システムと被干渉システムの受信アンテナとの位置関係(距離、高さ)によって変わるため、干渉波の被干渉システム受信アンテナへの到来角毎に干渉計算を行う。

計算結果を図3-24に示す。

共同住宅共聴システムの所要 CNR を確保するための干渉電力許容値は -82.2dBm となる。共同住宅システムの送受信アンテナのメインビーム幅は 17.3 度となるため、干渉波の到来方向が 9 度を超えるとサイドローブでの受信となり、干渉波受信電力は大きく低下する。

パルスセンサーからの干渉波が共同住宅システムの受信アンテナのメインビームに入ってくるケースは、共同住宅共聴システムの受信アンテナよりも高所でかつ見通し環境で受信ア

² IEEE802.15.3c のミリ波 WPAN タスクグループのチャネルモデリングの基準アンテナモデルとして採用されたアンテナモデル (Beam= 6.71 deg., Gain= 23dBi , Sidelobe= -11.4dBi)

ンテナに向けて電波発射するようなケースとなり、実際の利用環境においてこのようなケースが起こる可能性は極めて低いと考えられる。よって、サイドローブで受信する場合の干渉を想定すると、計算結果から、所要離隔距離は 0.44m となる。

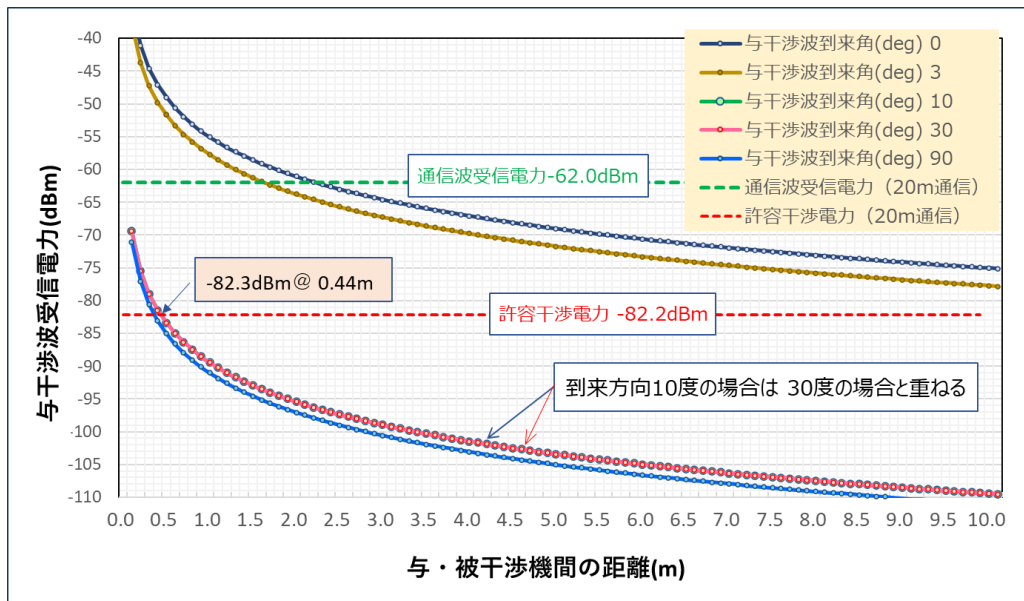


図3-24 被干渉機が受信する与干渉波受信電力

④ 共用条件

パルスセンサーの実際の利用環境を想定すると所要離隔距離は 0.44m となることから、パルス変調方式のセンサーシステムと共同住宅共聴システムは共用可能と考えられる。

3-3-2 ミリ波レーダー

(1) 踏切障害物検知装置

① システム概要

本システムは、ミリ波を使って踏切内の障害物を検知する装置である。2 台の送受信機を踏切に配置し、複数のビームによって踏切内の全エリアの障害物を検出する。

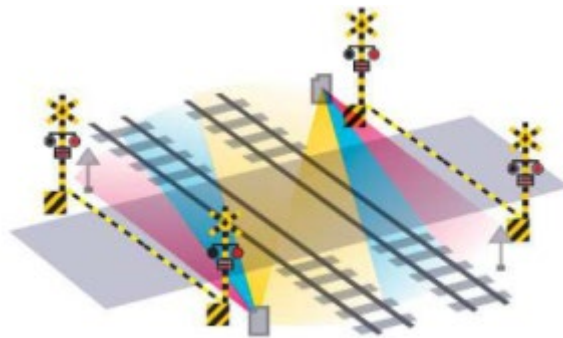


図3-25 踏切障害物検知装置の利用イメージ

② 干渉検討モデル

パルスセンサー3台を搭載した車が踏切に接近し、発射した電波が踏切障害物検出装置に与える干渉について、所要離隔距離(CNR 基準)を算出することにより検証する。

踏切障害物検出装置の干渉検討モデルを図3-26に、技術諸元を表3-15に示す。

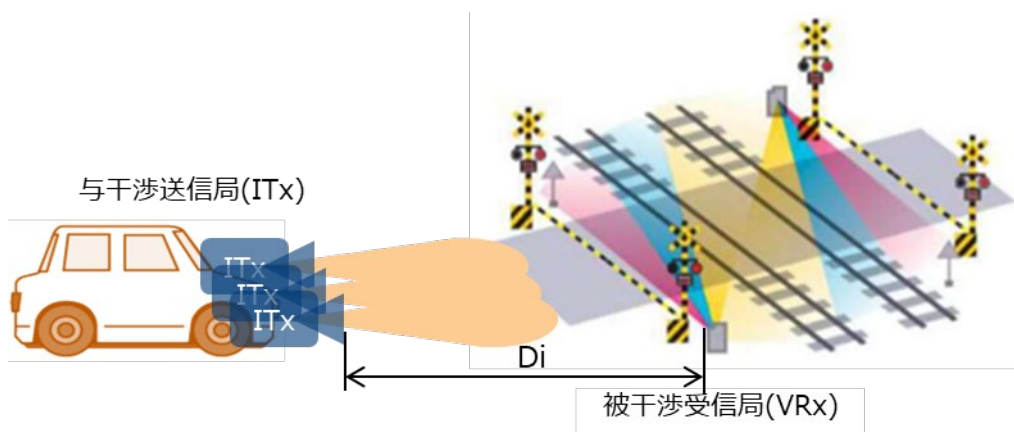


図3-26 干渉検討モデル(踏切障害物検出装置)

表3-15 被干渉システム(踏切障害物検知装置)の諸元

周波数(F_v)	60.5 GHz
送信電力(P_{T_v})	10 dBm
送受信空中線利得(G_t/G_r)	28.5 dBi
空中線半値角(θ_{3dB})	水平(H): $5.4^\circ / 9.0^\circ$ 垂直(V): 2°
最大検知距離(R)	25 m
反射断面積(δ)	0.001 m^2
最小受信電力(P_m)	-98.7 dBm/kHz
雑音帯域幅(BW_n)	1 kHz
変調帯域幅(OBW)	300 MHz
所要 CNR(CN_{req})	3 dB

③ 検討結果

以下の前提条件にて干渉波の受信電力を算出する。

- ・ 与干渉端末(パルスセンサー)は被干渉端末(踏切障害物検知装置)の受信アンテナに正対して電波発射すると仮定する。
- ・ 踏切障害物検知装置の検知距離は 5m、10m、20m、25m の場合を想定する。

計算結果を図3-27に示す。

踏切障害物検知装置の所要 CNR を確保するための許容干渉電力は、踏切障害物検知装置の検知距離が 25m の場合、-101.7dBmとなる。このとき、踏切障害物検知装置に干渉を与えないための所要離隔距離は 3.8m となる。検知距離が 25m よりも短い場合は所要離隔距離は 3.8m よりも縮まる。

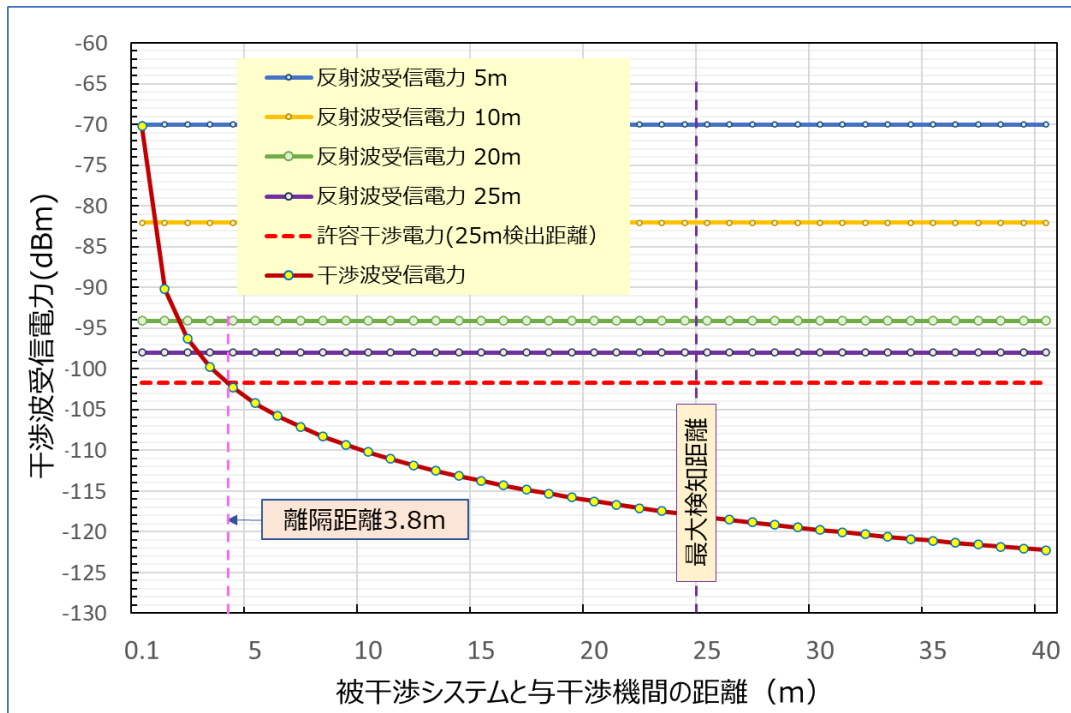


図3-27 干渉波の受信電力と被干渉端末の所望反射波受信電力

④ 共用条件

干渉計算の結果、所要離隔距離は 3.8m となったが、これは、パルスセンサー3台が踏切障害物検知装置に向けて連続送信することを仮定している。しかし、実際の運用では、送信時間制限の規定により、33 ミリ秒の時間内で 3.3 ミリ秒以内しか繰り返し送信できないため、実効干渉電力は 10 分の1低減し、離隔距離は 1/3 に短縮する。また、パルスセンサーが踏切障害物検知装置の受信アンテナの正対方向から電波を発射し続けることは想定されないため、所要離隔距離は更に短縮すると考えられる。

よって、実際の利用環境では、パルスセンサーと踏切障害物検知装置は共用可能と考えられる。

(2) 自動車レーダー

① システム概要

ミリ波レーダーの主要システムとして、車両前方の障害物の検知や車間距離確保、対地速度計測等のニーズを踏まえて制度化がなされたが、現在、当該システムの利用はない。しか

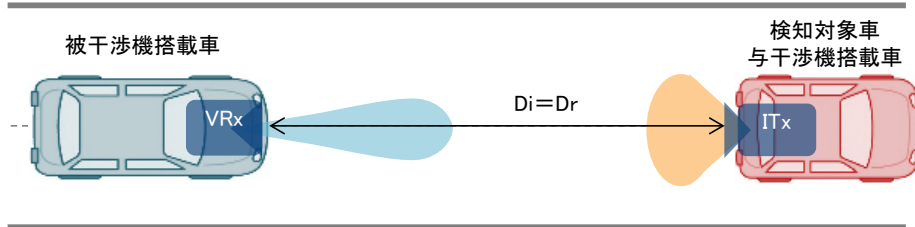
し、将来的な利用の可能性が否定できないことから、本検討においては、共用無線システムとして干渉検討を行う。

② 干渉検討モデル

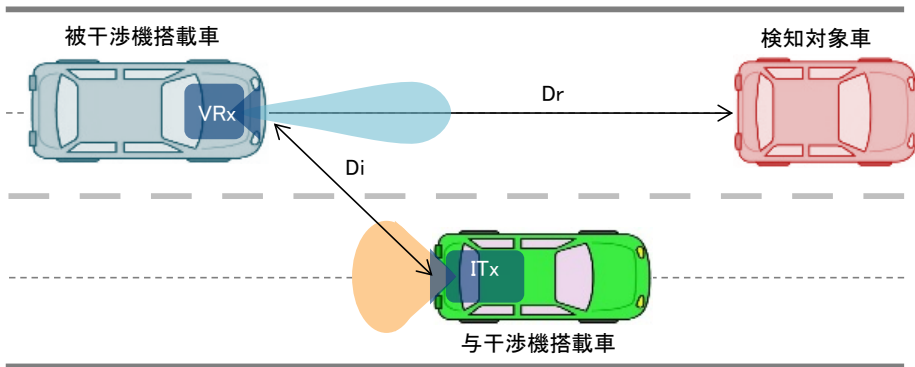
パルスセンサーから自動車レーダーへの干渉について、所要離隔距離(CNR 基準)を算出することにより検証する。

自動車レーダーの干渉検討モデルを図3-28に、技術諸元を表3-16に示す。干渉検討モデルは、パルスセンサー、自動車レーダー、自動車レーダーの検知対象の位置関係によって、Case-1 から Case-3 の3つのパターンが想定される。

Case-1
 検知対象車 : 前方車
 与干渉機搭載車 : 前方車



Case-2
 検知対象車 : 前方車
 与干渉機搭載車 : 隣接車線車



Case-3
 検知対象車 : 隣接車線車
 与干渉機搭載車 : 前方車

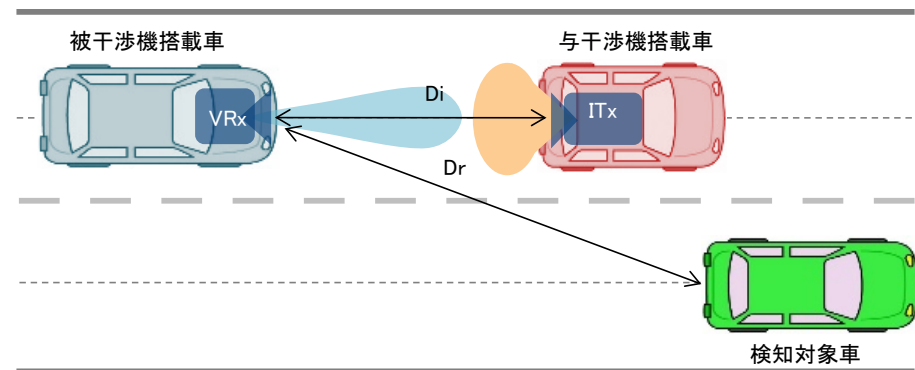


図3-28 干渉検討モデル(自動車レーダー)

表3-16 自動車レーダーの諸元

周波数(F_v)	60.48 GHz
送信電力(P_{Tv})	4.77 dBm
送受信空中線利得(G_t, G_r)	40 dBi
空中線半値角(θ_{3dB})	1.85 °
受信ノイズ帯域幅(BW)	1 kHz
レーダー反射断面積(RCS, δ)	10 m ² (Case-1、2) 5 m ² (Case-3)
検知距離(R)	1 ~ 120 m
大気減衰量(L_a)	0 dB
降雨減衰量(L_r)	0 dB
受信機雑音指数(NF)	10 dB
所要 CNR(CN_{req})	3 dB
熱雑音受信電力(NT)	-123.8 dBm

③ 検討結果

以下の前提条件にて干渉波の受信電力を算出し、被干渉端末の許容干渉電力以下となる離隔距離を算出する。

- ・ 与干渉端末(パルスセンサー)の台数は3台とする。
- ・ 自動車レーダーの最大検知距離は120mとする。
- ・ 自動車レーダーとパルスセンサー(他車に搭載)との最小離隔距離は車幅を想定した1.5mとする。
- ・ 隣接車線車のレーダー反射断面積(RCS)は前方車の場合に対して3dB低下するものとする。
- ・ 隣接車線車を検知する際の自動車レーダーの送受信アンテナ利得は3dB低下するものとする。

- 隣接車線車からの干渉波を受信する際の自動車レーダーのアンテナ利得は3dB 低下するものとする。

計算結果を図3-29から図3-34に示す。

なお、自動車レーダーの受信機雑音指数が 10dB、所要 CNR が 3dB であることから、干渉波受信電力は自動車レーダーの自己信号の反射波受信電力より 13dB 以上低くなければならないため、自動車レーダーの許容干渉電力は、自己信号の反射波受信電力(検知距離 120m)から 13dBm 低下した値として算出する。

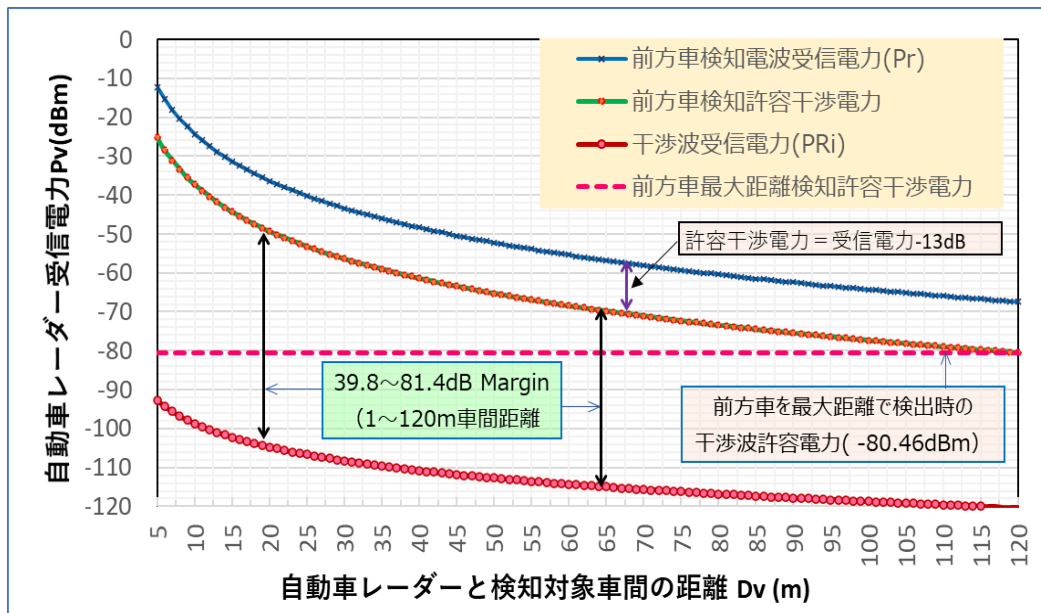


図3-29 被干渉機のレーダー自己信号受信電力(Case-1)

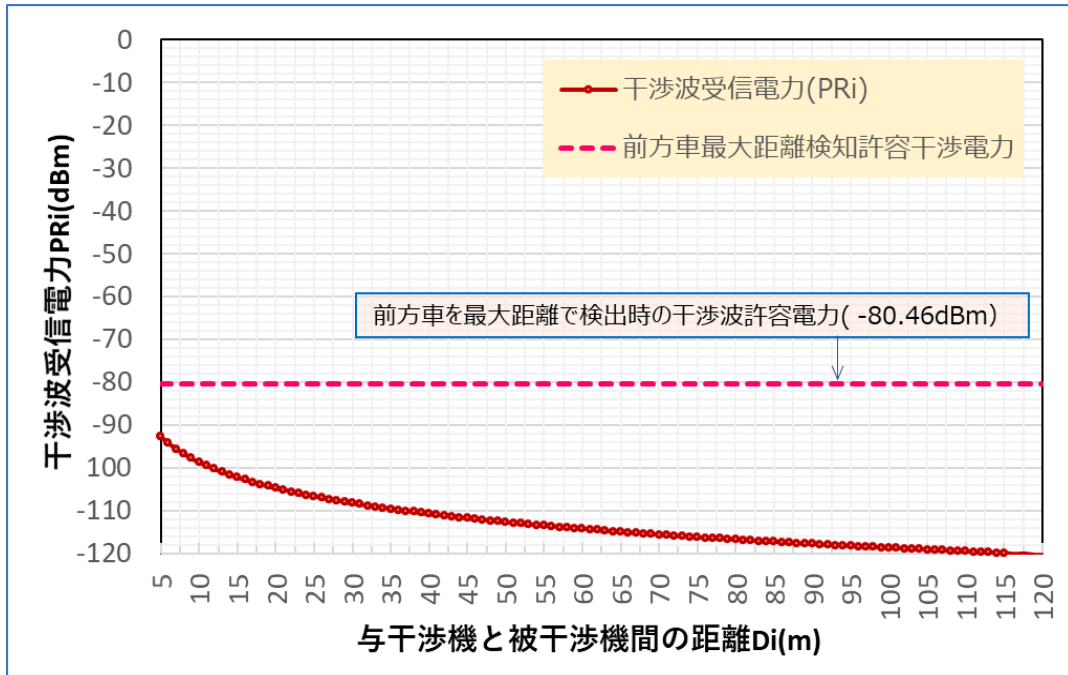


図3-30 干渉波受信電力(Case-1)

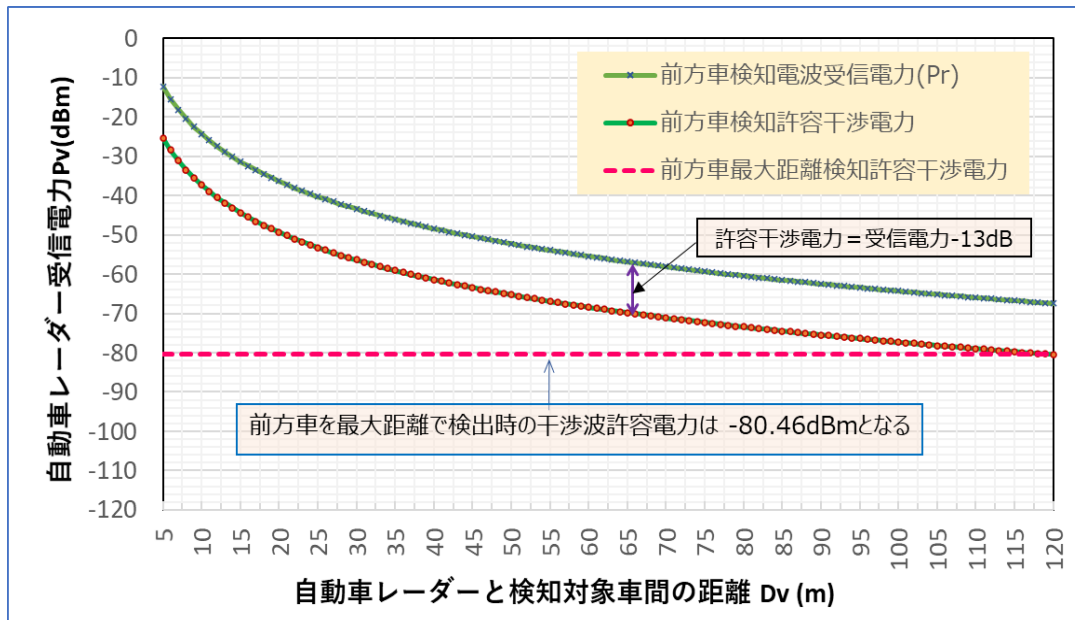


図3-31 被干渉機のレーダー自己信号受信電力(Case-2)

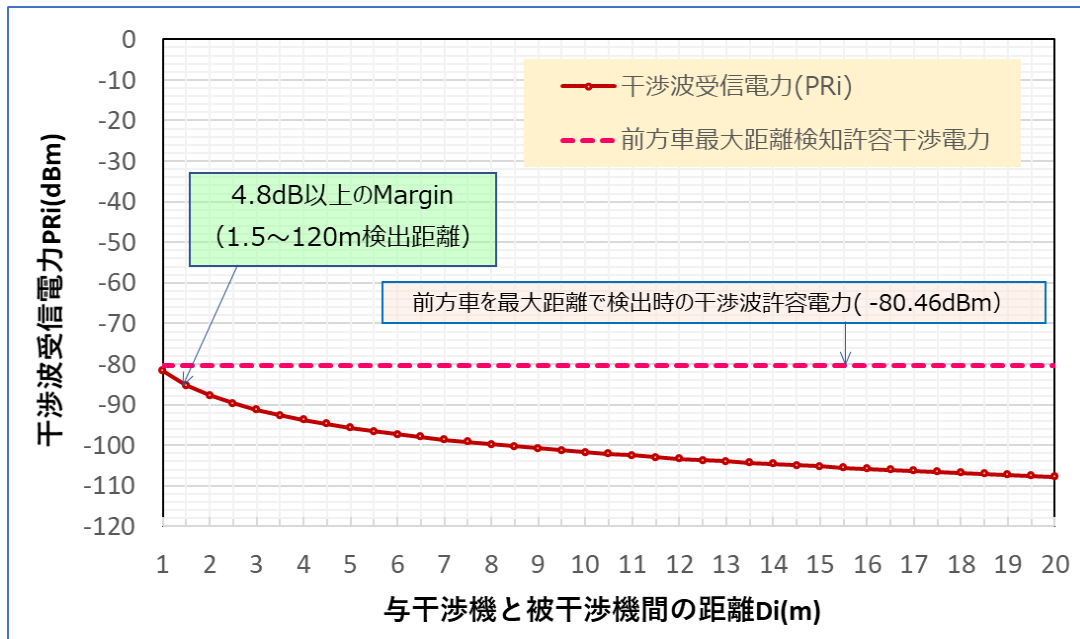


図3-32 干渉波受信電力(Case-2)

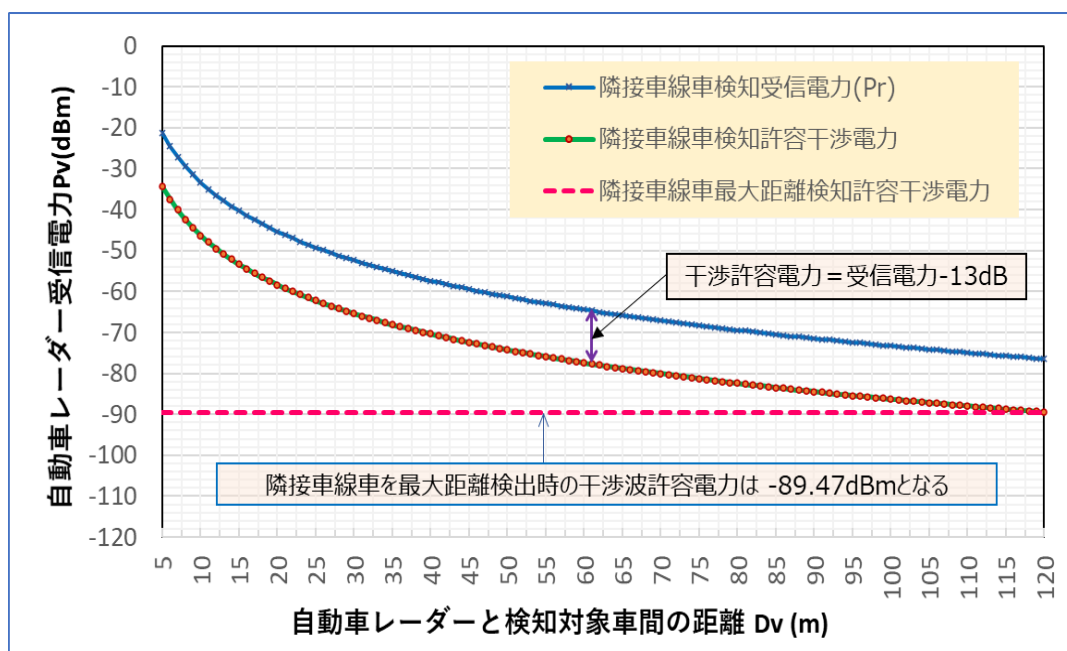


図3-33 被干渉機のレーダー自己信号受信電力(Case-3)

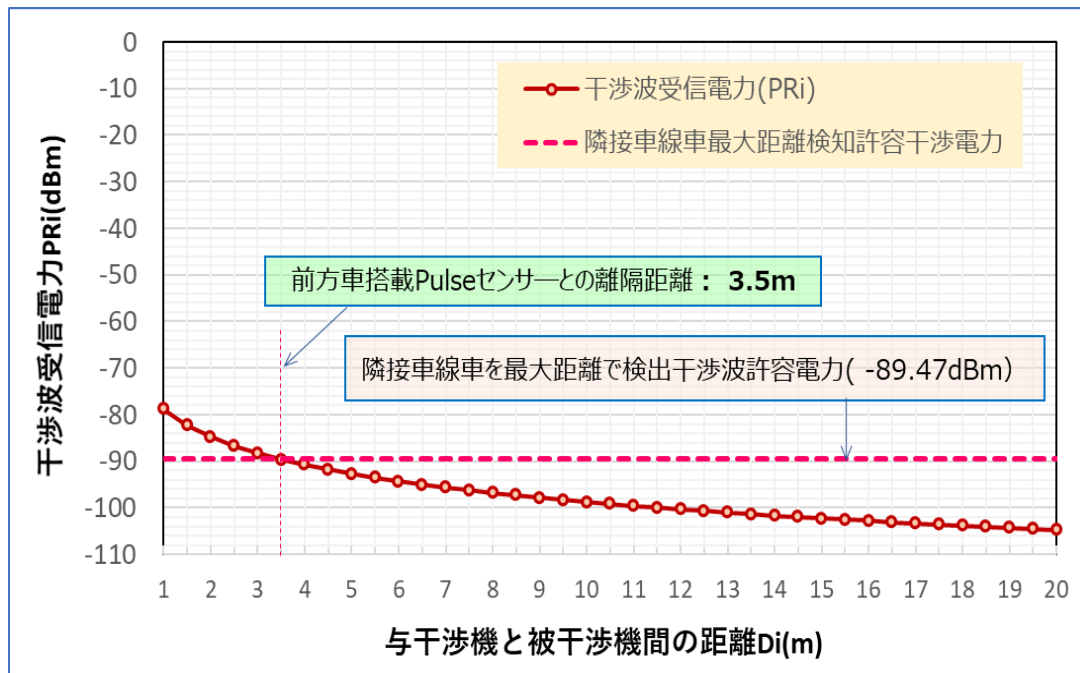


図3-34 干渉波受信電力(Case-3)

上記の計算結果から、各干渉モデルでの所要離隔距離は表3-17のようになる。

自動車レーダーが同じ車線の車を検出する Case-1 及び Case-2 の場合は、干渉マージンがあり、パルスセンサーによる干渉は起きないと考えられる。一方、自動車レーダーが隣接車線車を検出する Case-3 の場合は、同じ車線の前方車がパルスセンサーを搭載している場合、3.5m の離隔距離が必要となる。

表3-17 自動車レーダーの所要離隔距離

Case	車載レーダーの検知対象	与干渉機搭載場所	離隔距離
Case-1	前方車	前方車後部に搭載	0m (39.8~81.4 dB のマージン)
Case-2	前方車	隣接車線車後部に搭載	0m (1.3dB のマージン)
Case-3	隣接車線車	前方車後部に搭載	3.5 m

④ 共用条件

以上の検討結果から、自動車レーダーが隣接車線車を検出する場合は、前方車に搭載されたパルスセンサーによって干渉を受ける可能性があり、3.5m の離隔が必要となる。しかし、実際の運用では前方車との車間距離が 3.5m まで縮まった状態で 120m 先の隣接車線車を検知するようなケースは想定されないと考えられる。

よって、実際の利用環境においては、パルスセンサーによって自動車レーダーの正常動作に影響が及ぶことはなく、両システムの共用は可能であると考えられる。

3-3-3 固定局(エントランス回線)

① システム概要

本システムは、主に電気通信事業者等が無線局の免許を受け、携帯電話のエントランス回線のほか、自営系の高速イーサネット回線向けの無線アクセスシステムで利用する目的で制度整備がなされた。周波数帯は 54.25-59GHz で、数 100m 程度の通信距離でデータ伝送を行う。現在、無線局は存在しないが、本検討では、共用無線システムとして干渉評価を行う。

② 干渉検討モデル

パルスセンサーから固定局への干渉について、パルスセンサーによる干渉波の固定局受信における受信電力を算出し、許容干渉電力(CIR 基準)と比較することにより干渉評価する。

干渉検討モデルを図3-35に、固定局の技術諸元を表3-18に示す。

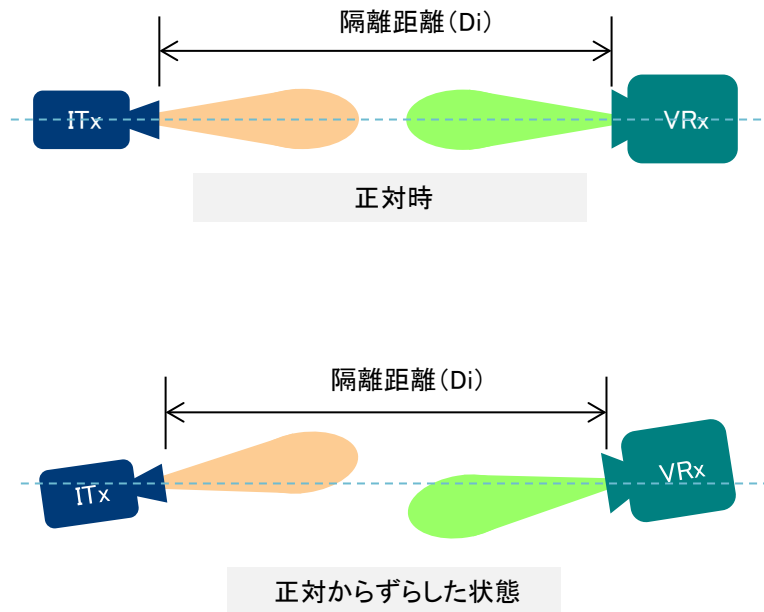


図3-35 干渉検討モデル(固定局)

表3-18 被干渉システム(エントランス回線)の諸元

周波数(F_v)	58.32 GHz
送受信空中線利得(G_t, G_r)	41.9 dBi
空中線半値角(θ_{3dB})	1.5 °
空中線 Main Lobe(θ_{ml})	3.87 °
受信帯域幅(BW)	26 MHz
大気吸収損失(L_a)	-5 dB/km
受信機雑音指数(NF)	10 dB
熱雑音電力(N_{Vr})	-89.65 dBm
許容 INR(INR)	-10 dB
設置高(HR)	5 m

なお、受信アンテナ利得は、IEEE802.15.3c のミリ波 WPAN タスクグループのチャンネルモデリングの基準アンテナモデルから算出する。

③ 検討結果

以下の前提条件にて干渉波の受信電力を算出する。

- ・ 与干渉端末は1台と仮定する。
- ・ 与干渉端末の送信高は 0.5m とする。
- ・ パルスセンサーの中心周波数が 60.5GHz の場合、固定局の中心周波数におけるスペクトラム電力密度が 15dB 以上低下することから、干渉波電力は 15dB 以上(実機レベルでは 25dB)低下する。

計算結果を図3-36に示す。

与干渉波電力は 275m の距離で最大値となるが、いずれの対向角の場合でも、INR 基準に基づく許容干渉電力からはマージンがある。

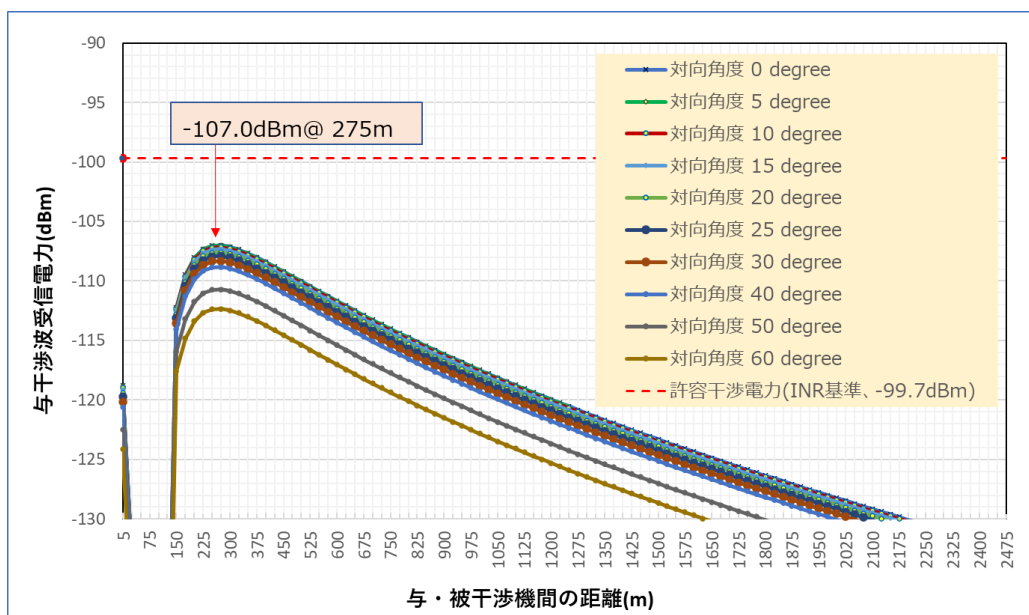


図3-36 被干渉システムが受信する与干渉波受信電力

④ 共用条件

干渉計算の結果から、パルスセンサーの干渉波受信電力は固定局の許容干渉電力を超えないことから、共用可能であると考えられる。

3-3-4 放送事業用移動局(FPU)

① システム概要

本システムは、テレビ放送事業者が使用する番組素材用の映像中継システムであり、55GHz 帯のシステムは、主にイベント中継で用いられるポータブルカメラを無線化したワイヤレスカメラや、スタジオ内で機動性を必要とするワイヤレスカメラなどに使用されている。

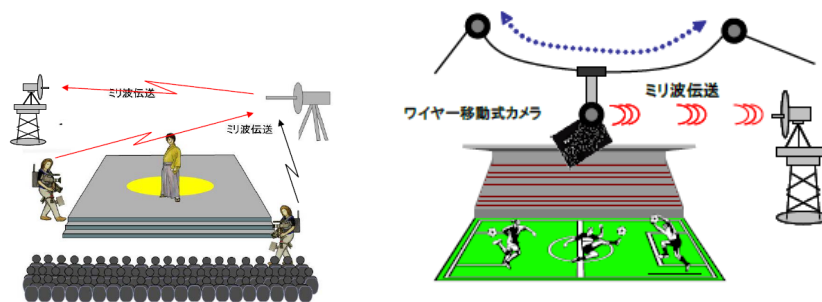


図3-37 放送事業用移動局(FPU)の利用イメージ

② 干渉検討モデル

与干渉システム(パルスセンサー)が被干渉システム(FPU)に与える干渉について、所要離隔距離(CNR 基準)を算出することにより検証する。

干渉検討モデルは、図3-38に示すとおり、パルスセンサーとFPUのアンテナ向きが正対する場合と正対からずらした場合を想定する。

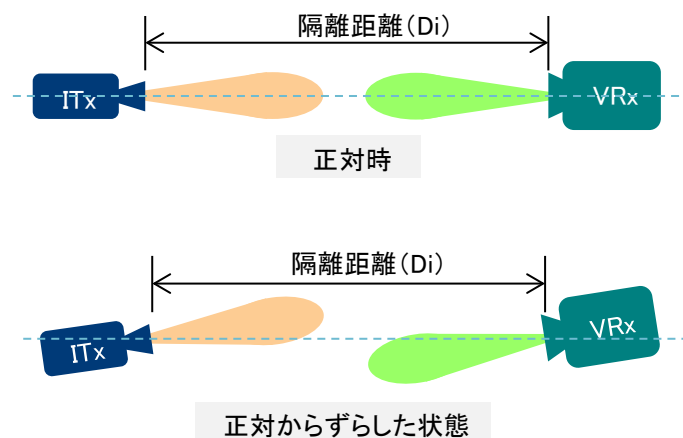


図3-38 パルスセンサーとFPUのアンテナ対向

また、FPU の技術諸元を表3-19に示す。

表3-19 被干渉システム(FPU 回線)の諸元

周波数(F_v)	55.27 GHz
送受信空中線利得(G_t, G_r)	35 dBi
空中線半値角(θ_{3dB})	3.3 °
空中線 Main Lobe(θ_{ml})	8.5 °
受信帯域幅(BW)	54.4 MHz
大気吸収損失(L_a)	-5 dB/km
受信機雑音指数(NF)	10 dB
熱雑音電力(N_{Vr})	-86.47 dBm
許容 INR(INR)	-20 dB

なお、FPU は帯域外の周波数を使用するため、表3-4のパルスセンサーの諸元のうち、送信電力は不要輻射電力の上限値となる-30dBm/MHz とする。また、アンテナの mismatch ロス及び周波数特性を考慮し、アンテナ利得は 3dBi、アンテナ半値角は 109 度とする。

③ 検討結果

与干渉システム(パルスセンサー)と被干渉システム(FPU)のアンテナ対向角が 0 度から 10 度までの場合の与干渉波受信電力の計算結果を図3-39に示す。

与・被干渉システムが正対に近づくほど干渉波受信電力は高く、離隔距離は大きくなる。完全に正対する場合、所要離隔距離は約 347m となるが、5 度ずれると 2.1m まで縮まる。

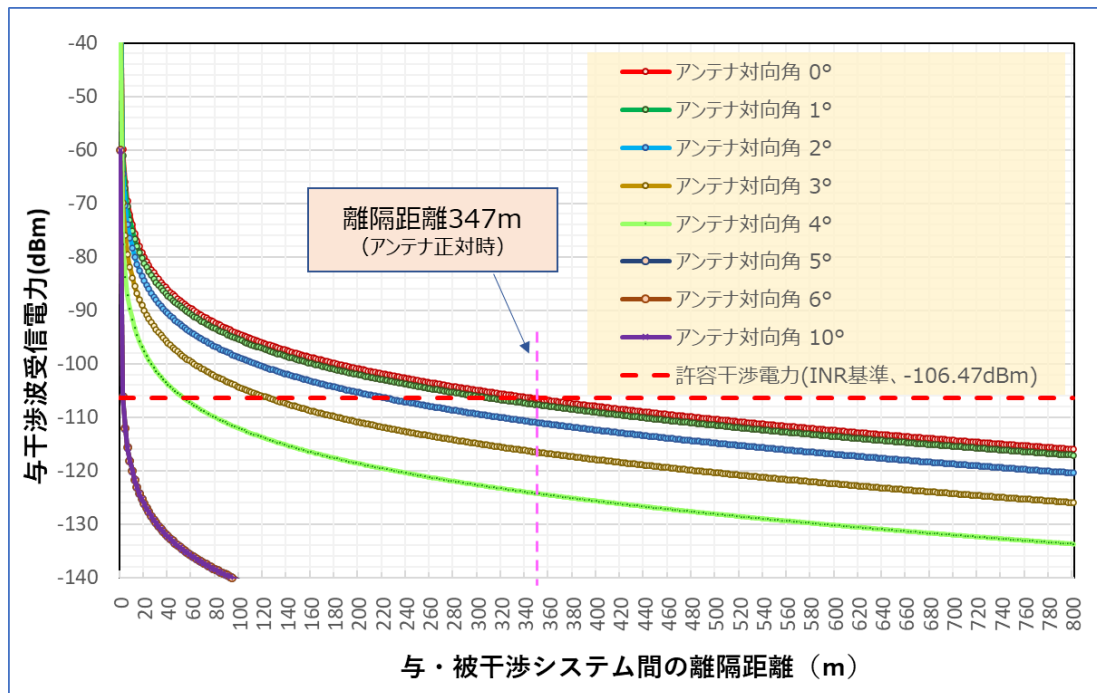


図3-39 与干渉波受信電力

上記計算結果から得られた与干渉、被干渉機のアンテナ対向角度が変わる時 PFU の INR 基準を確保するために必要な離隔距離を下記表3-20に示す。

表3-20 アンテナ対向角毎の所要離隔距離(FPU)

アンテナ対向角度 (deg)	0	1	2	3	4	5	6	10
所要離隔距離(m)	347	312	224	126	54	2.1	2.1	2.1

④ 共用条件

干渉計算の結果、パルスセンサーとFPUが正対する場合は347mの離隔が必要となるが、FPUのアンテナ指向性は高く、アンテナ対向角が5度以上ずれれば所要離隔距離は2.1mまでずれる。また、パルスセンサーの不要輻射電力は実機では10から20dB程度低い値となることが見込めることから、離隔距離は1/3から1/9まで縮まる。さらに、建物や人体の遮蔽効果なども考慮できるケースにおいては、離隔距離は更に短縮される。

以上のことから、FPU に正対する位置へのパルスセンサーの進入を防ぐなどの運用により、共用可能と考えられる。

3-3-5 地球探査衛星業務(受動)

① システム概要

地球探査衛星は、センサを搭載した人工衛星によって地球の地表面や海面の状態(高低差や温度等)、大気の状態等の観測するシステムで、低軌道周回衛星によって、地球上の同一地点を同一時刻に定点観測する。中でも、受動型のシステムは物質から発せられる弱い電磁波を観測するセンサを搭載しており、海面温度、積雪量、氷の厚さ等を観測するのに適している。60GHz 付近の周波数を観測する日本の衛星はないが、米国 NOAA(海洋大気庁)や EUMETSAT(欧州気象衛星機関)が運用する低軌道衛星が存在する。

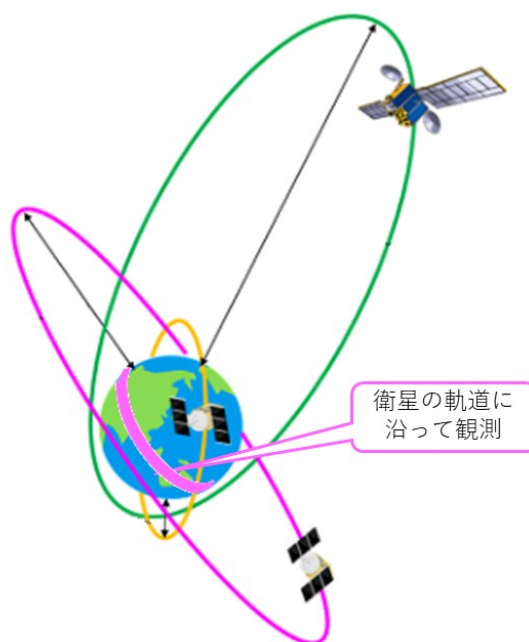


図3-40 地球探査衛星業務(受動)の利用イメージ

② 干渉検討モデル

地上で運用されるパルスセンサーから地球探査衛星業務(受動)(以下、「地球探査衛星」という。)への干渉について、地上で運用されるパルスセンサーの集合干渉波受信電力を算出することにより検証する。

被干渉システムとなる地球探査衛星として、米国軍事気象衛星 DMSP 5D-3 F18 の技術諸元を表3-21に示す。

表3-21 地球探査衛星の諸元 (米国軍事気象衛星 DMSP 5D-3 F18)

衛星 SSMIS CH	6	19
受信周波数 (F _v)	57.29 GHz	60.793 GHz
受信空中線利得 (Gr)	54 dBi	
受信帯域幅 (BW)	330 MHz	106 MHz
SSMIS 偏波面	RC	
地球上可視範囲 (IFOV)	354.6 km ²	
衛星軌道高度 (H)	850 km	
ITU 衛星保護勧告 (LMT)	-169 dBW/100MHz ³	

なお、パルスセンサーの帯域内干渉電力は、与干渉電波帯域幅が 1.1GHz を前提として、-20.4dBm/MHz とし、平均電力が 5dBm 相当となるよう、パルス信号の電波送信時間率を 0.631%と仮定する。

③ 検討結果

以下の前提条件にて干渉波の受信電力を算出する。

- ・ パルスセンサーの普及密度は、東京都の昼間人口密度にマージンを加えて 20000 台/km²と仮定する。
- ・ パルスセンサーの屋外の使用時間率は 10%とする。

³ 勧告 ITU-R RS. 2017-0

- ・ 干渉波受信電力の計算においては、地球探査衛星と観測点の正確な位置関係が不明のため、最悪ケースとして、伝搬距離は衛星高度とする。
- ・ 天頂大気減衰量は勧告 ITU-R P.676-9 を参照し、57.29GHz で-100dB、60.793GHzで-160dB とする。

計算結果を表3-22に示す。

いずれの受信チャンネルの場合も、集合干渉波受信電力は干渉許容値となる-169dBW/100MHz に比べて大きなマージンがある。

表3-22 集合干渉波受信電力の計算結果

衛星 SSMIS CH		6	19
周波数 (GHz)		57.29	60.793
波長 (m)		0.00524	0.00493
干渉波電力密度 (dBm/MHz)	A	-20.4	-20.4
衛星受信空中線利得 (dBi)	B	54.0	
与干渉送信空中線利得 (dBi)	C	7	
送信時間率 (dB)	D1	-22.0 (時間率 0.631%相当)	
天頂大気減衰量 (dB)	e1	-100	-160
電波伝播減衰量 (dB)	e2	-186.2	-186.7
与干渉信号総合伝送損失 (dB)	E=e1+e2	-286.2	-346.7
1台当りの干渉波受信電力密度 (dBm/MHz)	F=A+B+C+D1+E	-267.8	-328.3
衛星保護電力密度 (dBm/MHz)	G	-159	
衛星 Footprint (dBkm ²)	V	25.497	
東京都人口密度 (人/km ²)	j1	20000	
東京都人口密度 (dB/km ²)	J	43.0	
衛星 Foot Print 内人数 (dB)	K= V + J	68.5	
屋外での滞在時間率 (%)	d3	10	
屋外での滞在時間率 (dB)	D3	-10	
集合干渉波受信電力 (dBm/MHz)	P= F+K+D3	-209.1	-269.6

④ 共用条件

干渉計算の結果から、パルスセンサーと地球探査衛星業務との共用は可能であると考えられる。

3-3-6 電波天文

① システム概要

電波天文の受信設備は、宇宙から発せられる電波を受信してその信号を解析することで、天体や宇宙空間の物理状態、宇宙そのものの成因などを観測するシステムである。有害な混信から保護するため、電波法第56条第1項に基づき、国立天文台など11ヶ所の電波天文業務の用に供する受信設備が指定されている。

本検討においては、隣接システムとして76.5GHz帯(76-77.5GHz)の受信設備を、60GHz帯無線設備の2次高調波の影響を想定して115GHz帯(94.1-116GHz)の受信設備を対象とする。この周波数帯における観測を行っている国内の天文台は国立天文台野辺山宇宙電波観測所のみである。

② 干渉検討モデル

パルスセンサーから電波天文の受信設備への干渉について、アグリゲートモデルでの所要離隔距離を算出することにより検証する。

電波天文の受信設備の技術諸元を表3-23に示す。

表3-23 電波天文の受信設備の諸元

周波数	76.5 GHz	115 GHz
設置場所	位置: 35° 56' 40" N, 138° 28' 21" E 標高: 1350 m	
保護基準 ⁴	-196.5 dBm/MHz	-198 dBm/MHz
アンテナ利得	0 dBi	

また、干渉計算に用いる伝搬モデルの主な諸元を表3-24に示す。

⁴ 勧告 ITU-R RA.769-2 参照

表3-24 干渉計算に用いた伝搬モデル

自由空間損失と大気吸収モデル ⁵		$L(f_{\text{GHz}}, d_{\text{km}}) = 20 \log_{10}(f_{\text{GHz}}) + 20 \log_{10}(d_{\text{km}}) + \alpha(f_{\text{GHz}}) \times d_{\text{km}} + 92.45 \text{ dB}$ $L(d_{\text{km}}) = 20 \log_{10}(d_{\text{km}}) + 0.13 d_{\text{km}} + 140.12 \text{ dB} \quad (76.5 \text{ GHz})$ $L(d_{\text{km}}) = 20 \log_{10}(d_{\text{km}}) + 0.31 d_{\text{km}} + 143.66 \text{ dB} \quad (115 \text{ GHz})$
都市減衰		10.16 dB (10km 以上のみ適用)
大気減衰係数 ⁶	76.5 GHz	0.13 dB/km
	115 GHz	0.31 dB/km
人体等による遮蔽損		3 dB (損失の有り、無しで検証) ⁷

なお、電波天文の受信周波数はパルスセンサーの帯域外の周波数となるため、表3-4の
パルスセンサーの諸元のうち、送信電力は不要輻射電力の上限値となる-30dBm/MHz、アン
テナ利得は 76.5GHz、115GHz 帯における放射特性やアンテナロスを考慮して-10dBi とする。

③ 検討結果

影響が大きいと考えられる車載向けのセンサーを想定し、以下の前提条件にて干渉波の
受信電力を算出する。

- ・全ての車がパルスセンサーを2台(車室内の乗員検知用及びキックセンサー用)搭載す
ると仮定する。
- ・ 18-85 歳の全ての人が1台ずつ自動車を保有すると仮定し、18-85 歳の人口比率から1
人当りの自動車保有率を 0.858 台とする。
- ・ パルスセンサーの一日の利用時間は 1.025 時間とする(詳細は参考資料3を参照。)

⁵ $L(f_{\text{GHz}}, d_{\text{km}})$ は周波数および距離による損失(dB)、 f_{GHz} は周波数(GHz)、 d_{km} は距離(km)、 $\alpha(f_{\text{GHz}})$ は周波数に依存する大気減衰係数(dB/km)

⁶ ハーバードスミソニアン天体物理センターの電波天文学者によって作成されたエーエムアトモスフィックモデル(am atmospheric model)を採用。減衰値を計算するために、標高 1350 m で相対湿度 50%の標準大気を想定。

⁷ ユーザが被干渉側機器の方向を向いてデバイスを利用している場合 参照: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(第2回)資料「シャドーイングと Duty Cycle の干渉検討に与える影響について」

- ・ 集合電力の計算エリアは、電波望遠鏡の高さ(約50m)から算出した見通し半径(約25km)にマージンを入れて、半径 30km 以内とする。

計算結果を図3-41から図3-44までに示す。

所要離隔距離は、条件の厳しい 76.5GHz の周波数で遮蔽損を考慮しない場合で 26.4km となった。遮蔽損を考慮した場合でも 23.1km となる。

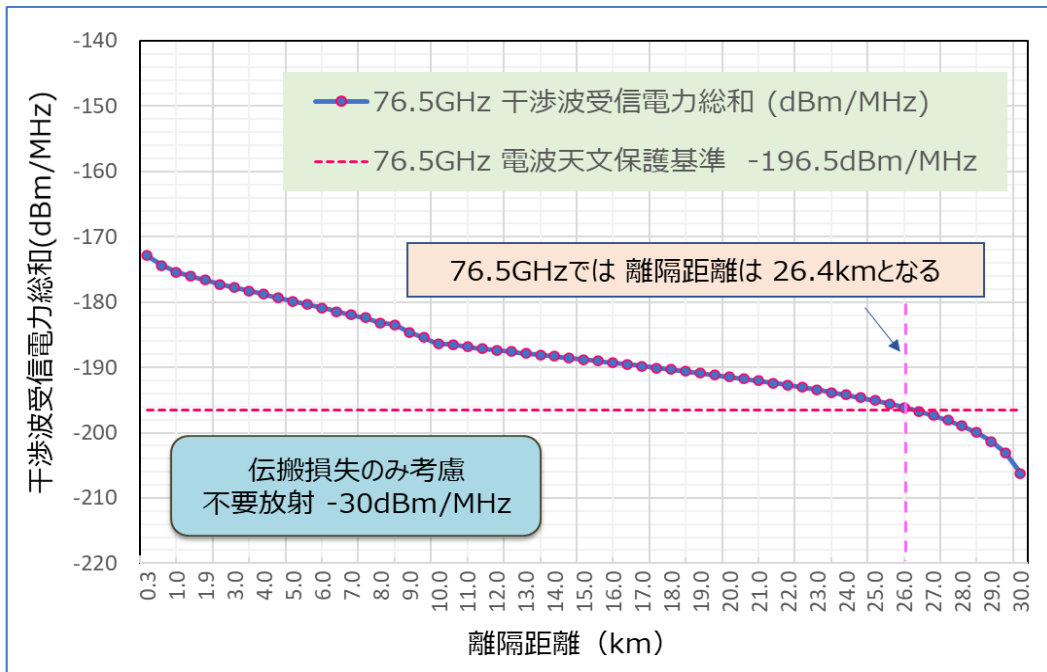


図3-41 干渉波集合電力(76.5GHz)(遮蔽損なし)

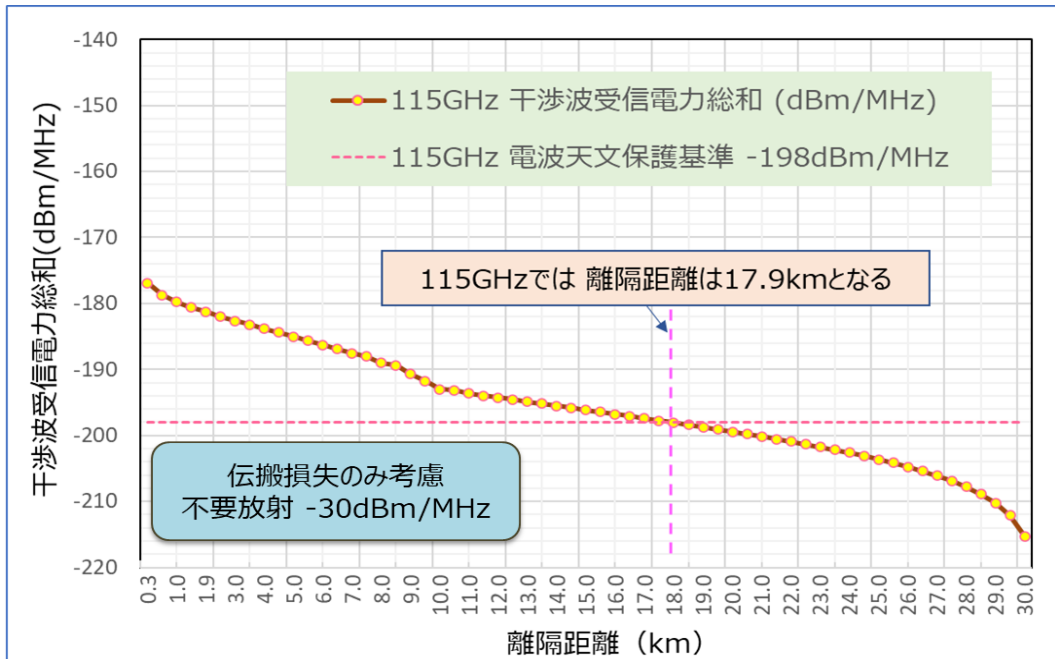


図3-42 干渉波集合電力(115GHz)(遮蔽損なし)

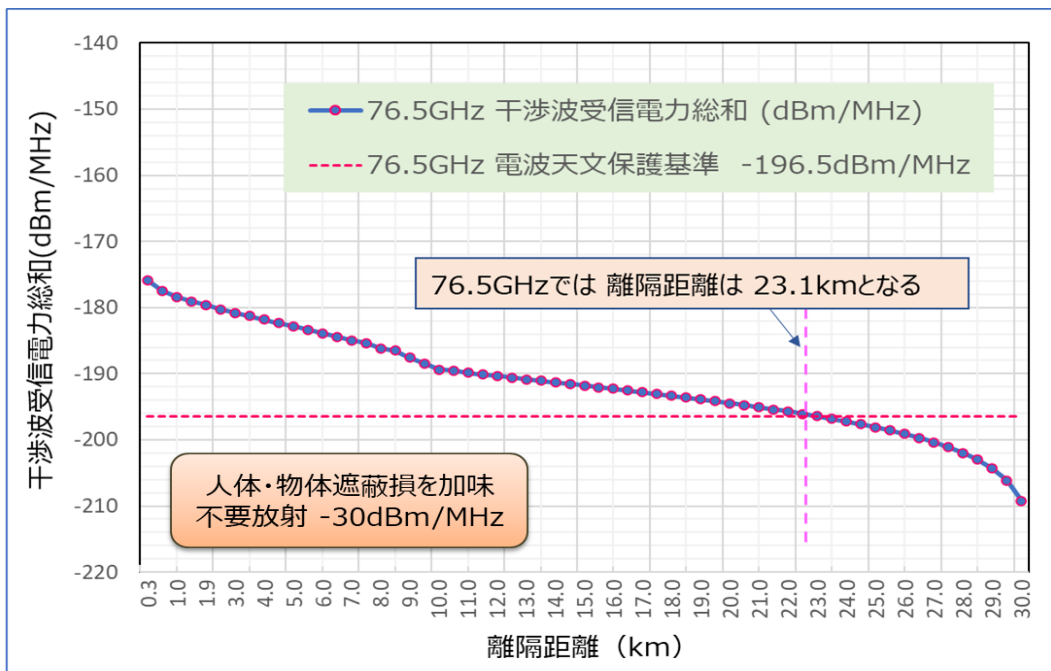


図3-43 干渉波集合電力(76.5GHz)(遮蔽損あり)

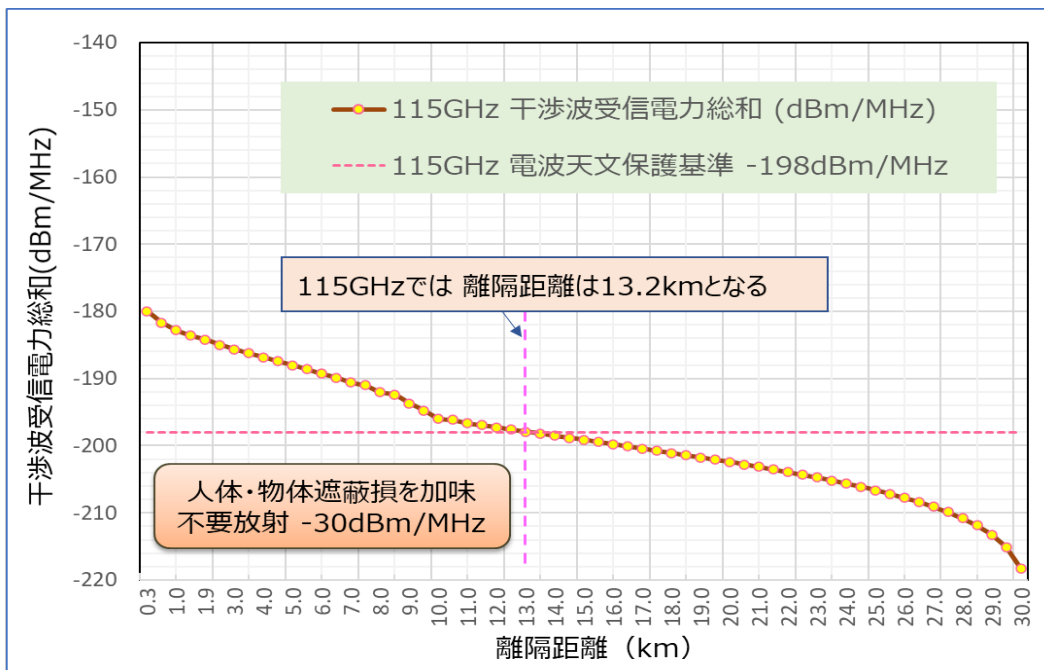


図3-44 干渉波集合電力(115GHz)(遮蔽損あり)

以上の検討は、パルスセンサーの帯域外不要放射電力が -30dBm/MHz の場合の結果であるが、実際の無線装置は、消費電力の低減などの設計上の制約から上限値からある程度マージンを確保することが想定される。そこで、帯域外不要放射電力を -40dBm/MHz から -60dBm/MHz まで下げた場合についても干渉計算を行った。

計算結果を表3-25 所要離隔距離(km)の算出結果に示す。

表3-25 所要離隔距離(km)の算出結果

送信出力 (帯域外)	遮蔽損なし		遮蔽損あり	
	76.5GHz 帯	115GHz 帯	76.5GHz 帯	115GHz 帯
-30dBm/MHz	26.4	17.9	23.1	13.2
-40dBm/MHz	10.2	7.3	8.3	5.0
-50dBm/MHz	1.9	0.5	0.5	< 0.25
-60dBm/MHz	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25

また、遮蔽損を考慮した場合のパルスセンサーの集合干渉電力の計算値を表3-26に示す。

表3-26 集合干渉電力の算出結果(遮蔽損あり)

送信出力 (帯域外)	76.5GHz 帯		115GHz 帯	
	集合干渉電力 (dBm/MHz)	所要改善 マージン (dB)	集合干渉電力 (dBm/MHz)	所要改善 マージン (dB)
-30dBm/MHz	-175.9	-20.6	-189.9	-18.1
-40dBm/MHz	-185.9	-10.6	-189.9	-8.1
-50dBm/MHz	-195.9	-0.6	-199.9	1.9
-60dBm/MHz	-205.9	9.4	-209.9	11.9

これらの結果から、パルスセンサーの帯域外不要放射電力を下げると、所要離隔距離は大きく低下することがわかる。遮蔽損を考慮した場合、-50dBm/MHz まで低減すれば、所要離隔距離は 500m まで下がり、-60dBm/MHz まで下げるとマージンを確保できる結果となった。

④ 共用条件

③の計算結果から、パルスセンサーの帯域外不要放射電力が-30dBm/MHz の場合は、26.4km という非常に大きな離隔距離が必要となる。しかし、実際の利用環境においては、以下の緩和要素を考慮すると、所要離隔距離は大幅に短縮され、電波天文台の敷地内においてパルスセンサーの電波を停止するといった運用制限を行うことにより、十分両立可能となると考えられる。

- ・ 干渉計算においては、全ての車が 2 台のセンサーを搭載している、車の筐体や窓による電波の減衰を考慮しない、キックセンサーについては実際の利用形態を考慮せず、一日の使用時間を過大に見ている、といった点で実際の利用環境よりも悪い前提条件としている。車の筐体や窓による電波の減衰だけでも 10dB 以上の干渉量の低減が見込める。

- 76.5GHz、115GHz における実際の無線装置の帯域外不要輻射電力は-30dB/MHz より10dB 以上低くなると考えられる。キャリア周波数が 60.5GHz の理想矩形パルスにおいて、周波数制限帯域フィルターの特性や周波数離調による伝送ロスの増加を考慮しない場合、電力密度は 76.5GHz で-50.5dBm/MHz、115GHz で-61.2dBm/MHz となる(図3-45 及び図3-46)。
- 干渉計算においては、全ての車がセンサーを搭載する事を仮定しているが、実際のパルスセンサーの普及率は、高級車を中心に 20%程度になるものと想定される。この場合、集合干渉電力は 7dB 程度低くなる。

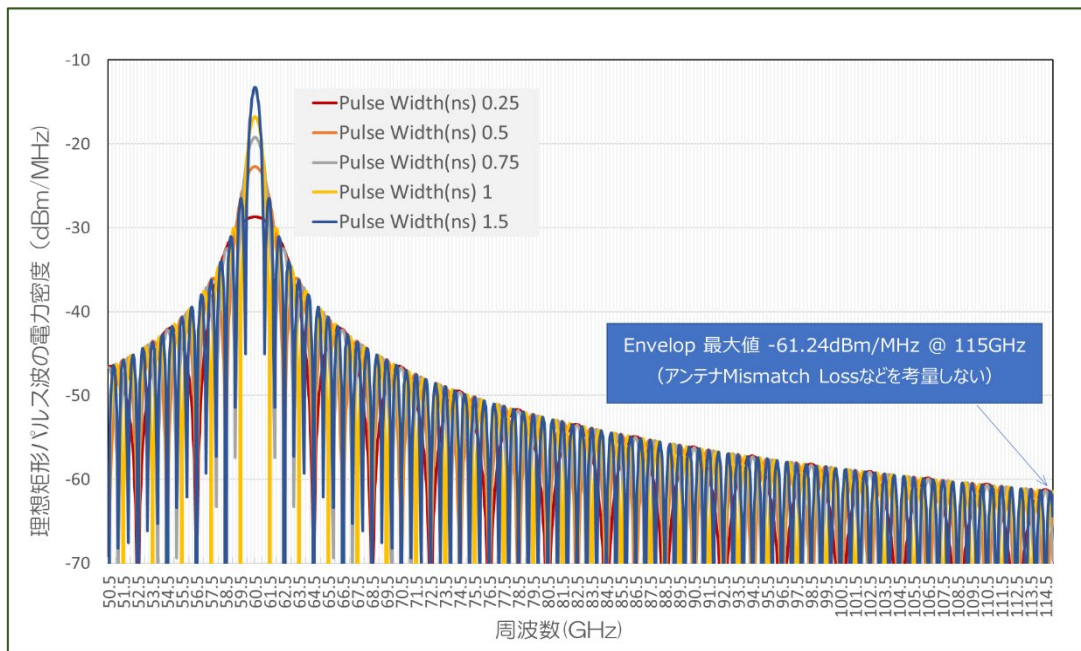


図3-45 理想矩形パルス(想定実装条件)の電力密度分布

(115GHz)

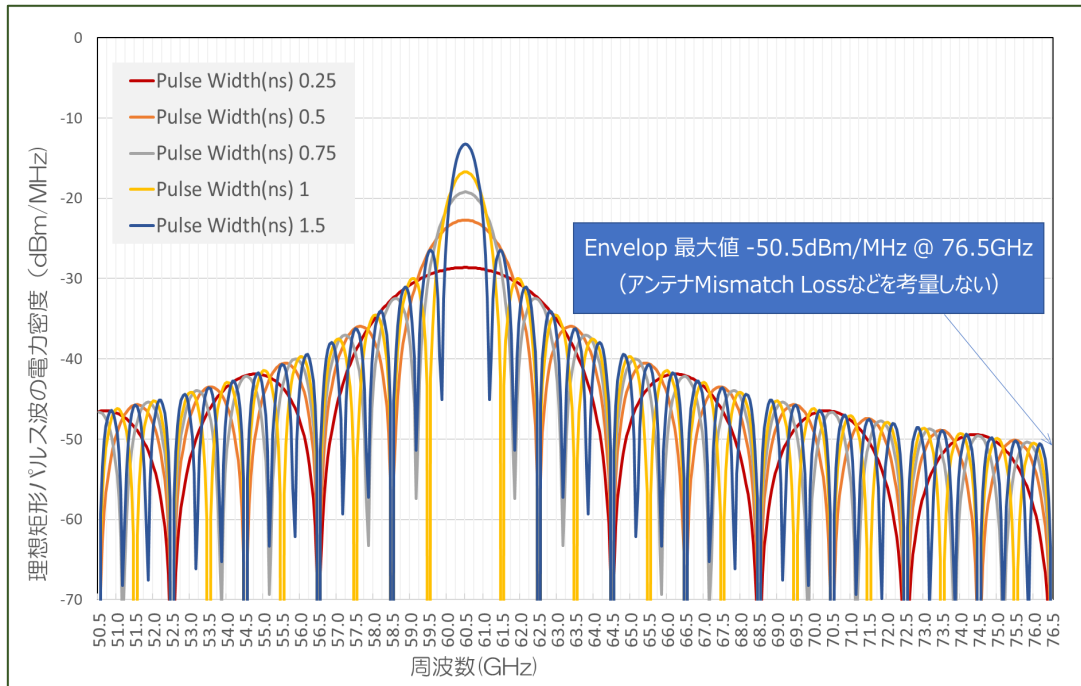


図3-46 理想矩形パルス(想定実装条件)の電力密度分布(76.5GHz)

3-4 広帯域センサー同士の共用

パルスセンサーから FMCW 方式のミリ波センサー(以下「FMCW センサー」という。)への干渉の影響について評価するため、実証試験によって干渉評価を行った。また、参考として、FMCW センサーからパルスセンサーへの干渉及びパルスセンサー同士の干渉についても実機による干渉評価を行った。

① 実証試験における干渉モデル

実証試験における干渉モデルを図3-47に示す。

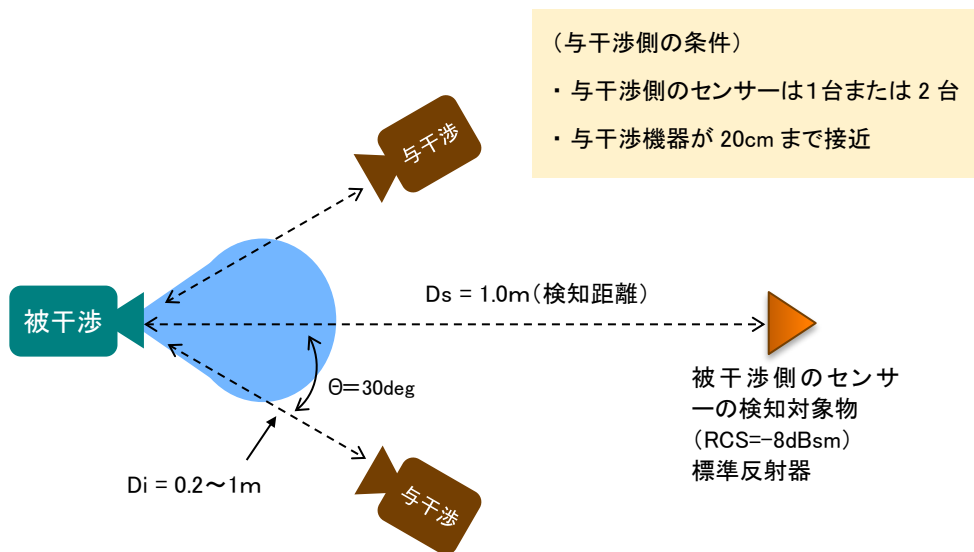


図3-47 センサー端末同士の干渉モデル

また、実証試験に使ったパルスセンサーと FMCW センサーの諸元を表3-27と表3-28に示す。

表3-27 FMCW センサーの諸元

周波数(F_v/F_i)	58.18~63.53 GHz
掃引周波数帯域(BW)	5.35 GHz
チャープ時間(Tchirp)	133 μs
チャープ内サンプリング数(N_{sample})	128
フレーム内のチャープ数(N_{chirp})	32
フレームレート(Frate)	27.6 ms
所定検知距離(D_s)	1 m
所定検知対象 RCS(RCS)	-8 dBsm
SNR 劣化基準(SNR)	< 3dB

表3-28 パルスセンサーの諸元

周波数(Fv/Fi)	60.5 GHz
送信電力(PTi)	10 dBm
送信アンテナ利得(Gi)	7 dBi
EIRP 尖頭値(EIRPipk)	17 dBm
EIRP 平均値(EIRPiave)	4.8 dBm
送信時間制御(T_sense)	2.7 ms(繰り返し周期 33ms)
パルス幅 /パルス周期	6 %
占有周波数帯幅(OBW)	3 GHz(参考値)
端末台数	1台または2台

② 検討結果

<パルスセンサーから FMCW センサーへの干渉>

実証試験では、パルスセンサー(与干渉システム)をFMCWセンサー(被干渉システム)に近づけながら、FMCW センサーの受信信号の出力波形を記録し、SNR の変化を比較する。

パルスセンサーが電波を送信していない状態及びパルスセンサー1台が電波を送信してFMCW センサーに 20cm まで近づけた状態における FMCW センサーの検知信号の出力結果を図3-48及び図3-49に示す。

パルスセンサーが電波を送信していない状態では、ノイズフロアの変化は FMCW センサーの固有ノイズとなるが、パルスセンサーが電波を送信した状態ではパルスセンサーからの干渉の影響を受けることが分かる。

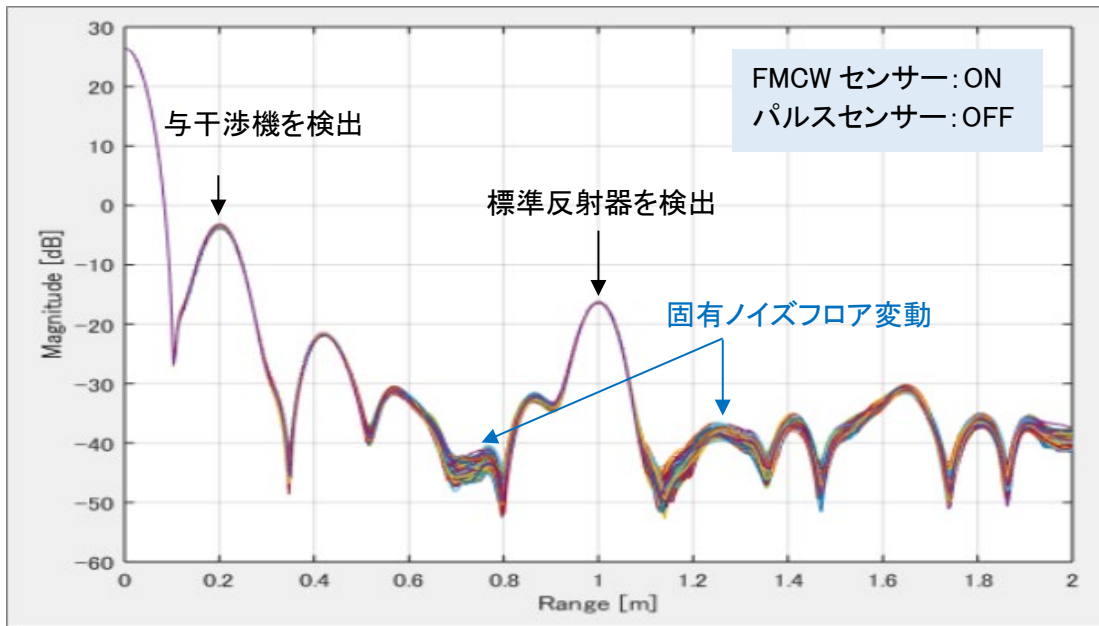


図3-48 FMCW センサーの検知信号の出力結果

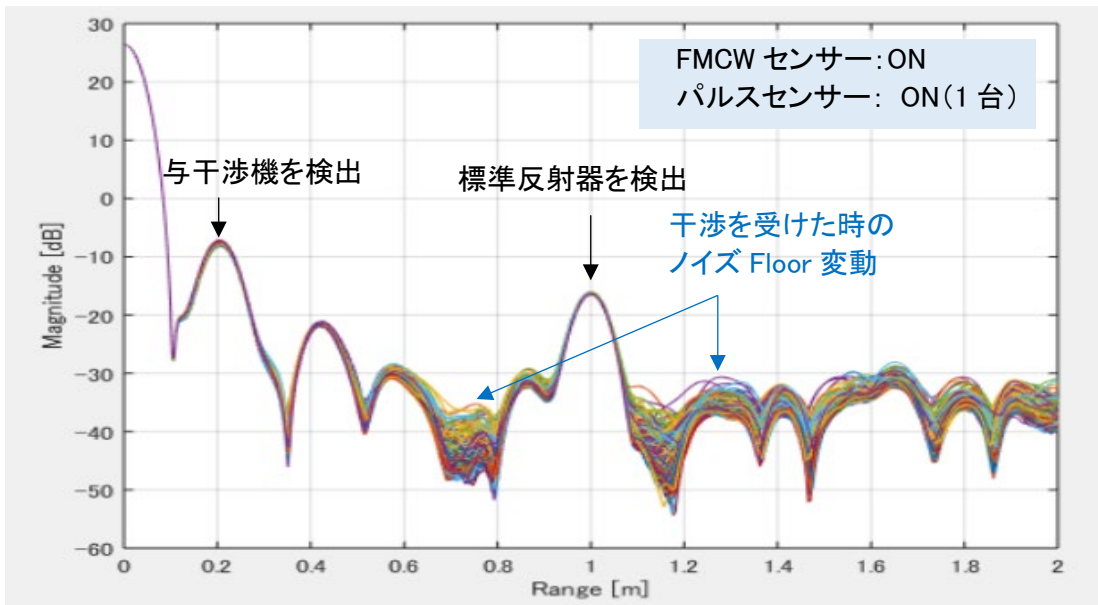


図3-49 FMCW センサーの検知信号の出力結果(パルスセンサー1台の場合)

また、パルスセンサー2台が電波を送信してFMCWセンサーに20cmまで近づけた状態におけるFMCWセンサーの検知信号の出力結果を図3-50に示す。

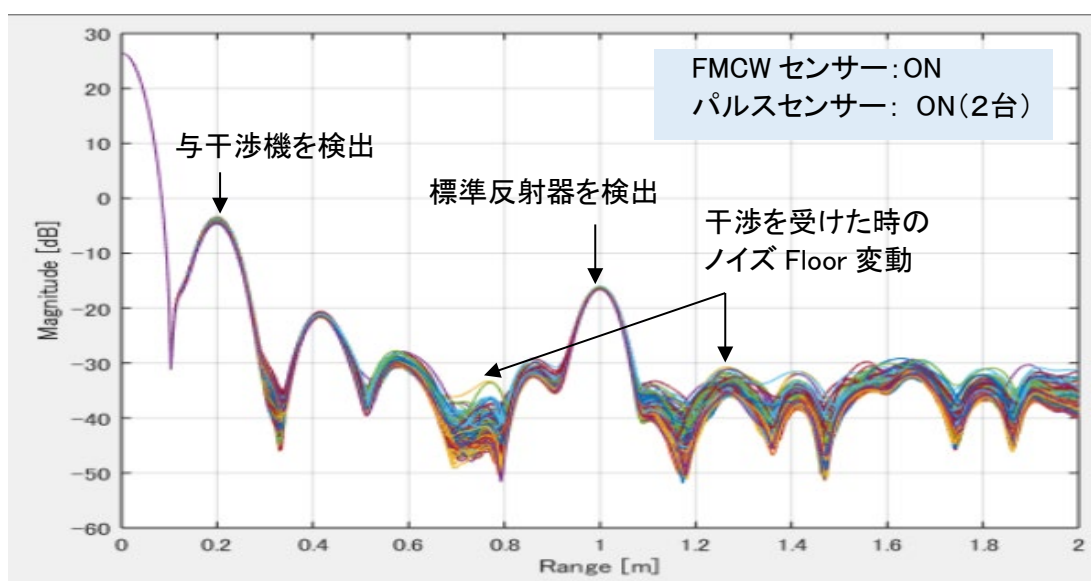


図3-50 FMCW センサーの検知信号の出力結果(パルスセンサー2台の場合)

実証試験の結果、パルスセンサー2台が FMCW センサーから 20cm の距離まで接近しても、FMCW センサーが検知対象物を検出する場合の検出信号の SNR は常に 12dB 以上を維持し、特定の距離で高いレベルの距離虚像信号レーダー偽像は生じないことが分かる。また、FMCW センサーの検知出力信号のレベルに変動は見られず、ノイズフロアは与干渉機1台の場合と比べて全体的に持ち上げるような振舞いはないことから、所要の SNR を得られると考えられる。これは、FMCW センサーは検知動作時に連続送信するため、間欠送信のパルスセンサーに対して高い妨害耐性を持っているためと考えられる。また、FMCW センサー側で一定の平均信号処理によって干渉の影響が低減されていることも要因と考えられる。なお、FMCW センサーの実装では平均処理に 32~128 サンプルを使っている。

③ 共用条件

実証試験の結果から、パルスセンサーと FMCW センサーが 20cm 程の狭空間でも FMCW センサーに与える影響は微小であり、且つ、一定の平均処理で更に影響を軽減する事が可

能であり、実際の利用環境においては パルスセンサーと FMCW センサーは共用可能と考えられる。

④ その他

FMCW センサーからパルスセンサーへの干渉及びパルスセンサー同士の干渉について、与被干渉端末を近接させた場合の被干渉端末の SNR を測定し、検証を行った。測定の結果は参考資料4に示す。

実証試験の結果、パルスセンサー同士では、与被干渉端末が 20cm 程度まで近接しても所要 SNR を満足したが、FMCW センサーからパルスセンサーへの干渉の影響としては、与被干渉端末が 20cm 付近まで近接すると所要 SNR を割り込むことが確認された。

しかし、実際の利用環境では、センサー同士が 20cm といった近距離まで接近して利用されることは想定しにくいいため、共用は可能と考えられる。また、パルスセンサーの実装においては、内部ノイズを抑制するためにセンサーの検知信号の平均処理を一定の回数で実施すること、センサー同士を近距離で対向して電波を放射させることは想定しにくいことも干渉の緩和要素になると考えられる。

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⁸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⁸で 5dBm 以下であること。

(5) 周波数の許容偏差

指定周波数帯によ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

下表のとおりとする。

⁸ 本項において、平均電力は、4-3(1)のアに示す「連続するパルス列内の平均電力」を意味するものとする。

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

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。

なお、FMCW 方式の無線設備についても、センサーは送信回路と受信回路が一体となり、連続受信状態の設定が困難であること、ミリ波においては、特に OTA(Over The Air)による測定の場合、送信波の不要輻射電力より低いレベルの電波を測ることは測定器のダイナミックレンジの限界によって極めて困難となる事例があること等の状況を踏まえ、当該条件と同一の条件とすることが適当である。

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。

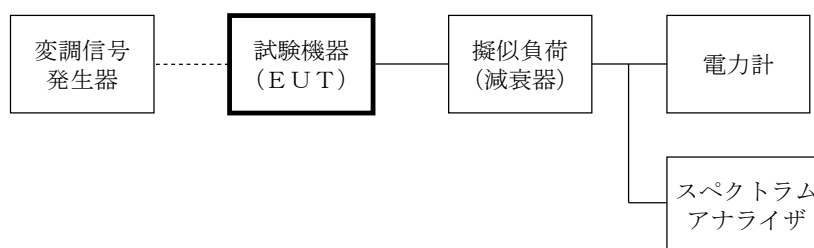
(1) 空中線測定端子付きの場合

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、連続するパルス列を一定のバースト長及び一定のバースト繰り返し周期で連続送信している状態における空中線電力を、高周波電力計、スペクトラムアナライザ又はサンプリング・オシロスコープ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。

また、測定値の等価等方輻射電力への換算は、空中線測定端子における測定値に、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)と給電線損失を乗じて換算を行うものとする。

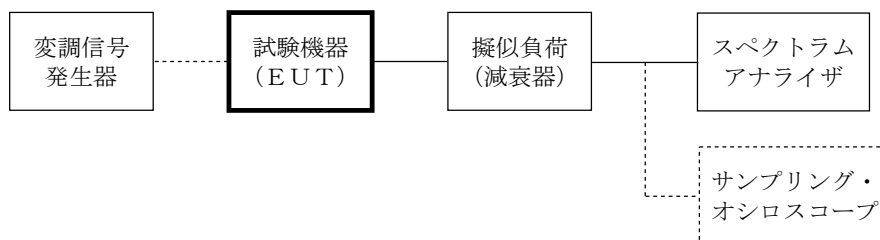
ア 平均電力の測定

高周波電力計等を用いて、バースト繰り返し周期よりも十分長い期間におけるバーストパルスの全時間平均電力を測定し、その測定値をバースト長及びバースト繰り返し周期で算出した送信時間率で除して、連続するパルス列内の平均電力とすることが適当である。



イ 尖頭電力の測定

スペクトラムアナライザ等を用いて、送信スペクトラムのピーク値を測定し、その測定値をパルス減感率(Pulse desensitization factor)の値で補正して、連続するパルス列内の尖頭電力とすることが適当である。この場合において、スペクトラムアナライザの分解能帯域幅の値は、可能な限り広い値に設定すること。なお、パルス減感率の補正值が大きい等の要因で連続するパルス列内の尖頭電力の算出値に疑義がある場合は、サンプリング・オシロスコープ等を用いて、連続するパルス波形を直接観測する方法等によって尖頭電力の測定を行うものとする。また、アの連続するパルス列内の平均電力の値を、連続するパルス列内のパルス幅及びパルス繰り返し周期で算出した送信時間率で除して、連続するパルス列内の尖頭電力の値を算出する方法を用いることも可能である。



(2) 空中線測定端子無しの場合

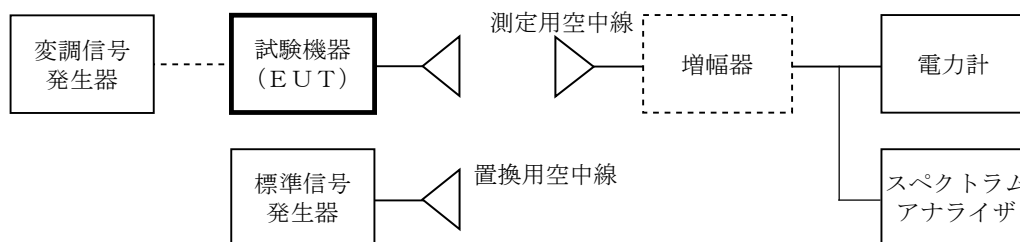
ア 試験機器の空中線ごとに測定する場合

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、高周波電力計、スペクトラムアナライザ又はサンプリング・オシロスコープ等に測定用空中線を接続し、その他の条件は(1)と同様にして置換法(標準信号発生器及び置換用空中線の測定系と入れ替え、試験機器から送信される電波の強度と電力計等の指示値が同じになるように標準信号発生器からの出力を調整し、標準信号発生器の出力値に置換用空中線の絶対利得と給電線損失を乗じて等価等方輻射電力を算出する方法)を用いて空中線電力(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。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、複数の空中線測定を有する場合は、それぞれの空中線で測定した測定値の総和を空中線電力(等価等方輻射電力)とする。

なお、測定値の空中線測定端子における値への換算は、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)と給電線損失を除いて換算を行うものとする。

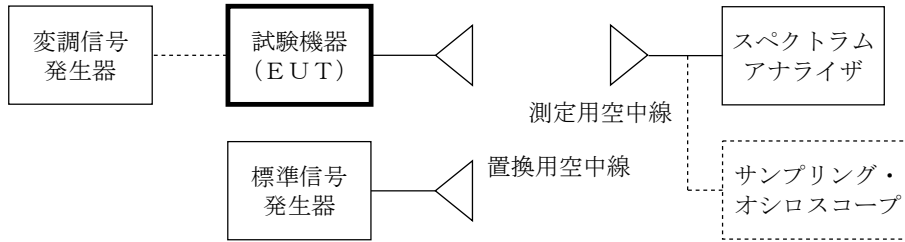
(ア) 平均電力の測定

(1)アと同様にして、連続するパルス列内の平均電力(等価等方輻射電力)を、高周波電力計等を用いて測定することが適当である。なお、高周波電力計等への入力レベルが不足する場合は広帯域増幅器等を用いる。



(イ) 尖頭電力の測定

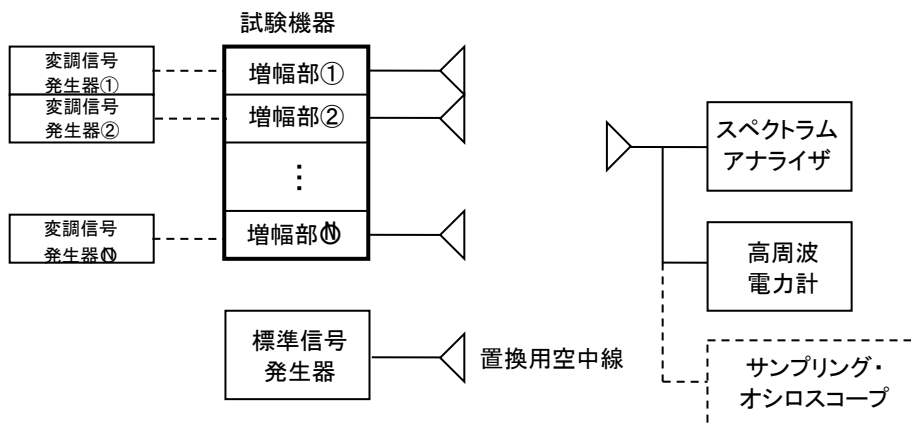
(1) イと同様にして、連続するパルス列内の尖頭電力の値(等価等方輻射電力)を、スペクトラムアナライザ又はサンプリング・オシロスコープ等を用いて測定することが適当である。



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、平均電力及び尖頭電力の値(等価等方輻射電力)を、高周波電力計、スペクトラムアナライザ又はサンプリング・オシロスコープ等を用い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。



また、占有周波数帯幅の測定については、スペクトラムアナライザ等を用いて、送信スペクトラムのピーク値を測定し、測定モードを Max Hold とすることが適当である。この場合におい

て、スペクトラムアナライザの分解能帯域幅の値は、許容帯域の 1%～5%、又は可能な限り広い値に設定すること。

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

本検討においては、パルス変調方式の広帯域センサーシステムの導入を前提として、他の無線システムとの周波数共用検討を行った。

今後、今回検討したユースケースでは想定しえないような利用形態が出てくるなど、同帯域を使用する他の無線システムとの共用条件が変わる場合は、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を踏まえ、必要に応じて技術基準の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3年1月15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	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 秋山 裕子	富士通株式会社 共通技術開発統括部 ソフトウェア化技術開発室長
〃 飯塚 留美	一般財団法人マルチメディア振興センター ICTリサーチ&コンサルティング部 シニア・リサーチディレクター
〃 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
〃 児玉 俊介	一般社団法人電波産業会 専務理事
〃 齋藤 一賢	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
〃 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 株式会社東芝 研究開発センター
〃 松尾 綾子	情報通信プラットフォーム研究所 ワイヤレスシステムラボラトリー 研究主幹
〃 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) 標準化本部長
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1-1及び参考表1-2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 ⁹	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10dBm以下、尖頭値は13dBm以下		43-57GHz, 64-78GHz; RMS電力密度が ^g -20dBm/MHz以下	60-61GHz, 61.5-62.5GHz; RMS電力密度が ^g -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)	

⁹ 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 ¹⁰ (ただし 57-66GHz)	標準規格未定	標準規格未定	EN 302 686 ¹¹
周波数		57-71GHz	57-71GHz	57-71GHz	57-71GHz	57-71GHz	63-64GHz ¹²
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
	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				

¹⁰ 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

¹¹ 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

¹² 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			
			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 ¹³ 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 ¹⁴
人体へのばく露許容値 (電力密度)		1mW/cm ²		10W/m ² (1mW/cm ²)			

¹³ 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](https://www.ecodocdb.dk/download/4d5f88b8-7f6d/ECC%20Report%20288.pdf)

¹⁴ 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 2-1 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。



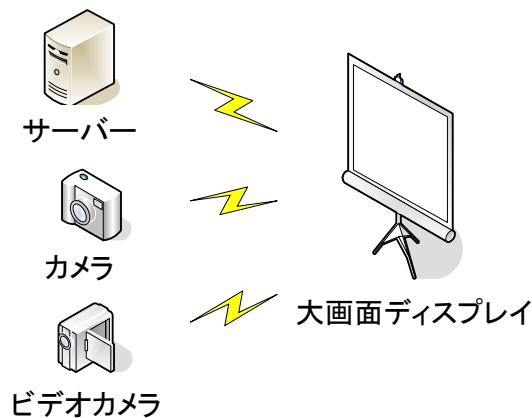
参考図2-1 WirelessHD の利用シーンの例

(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。



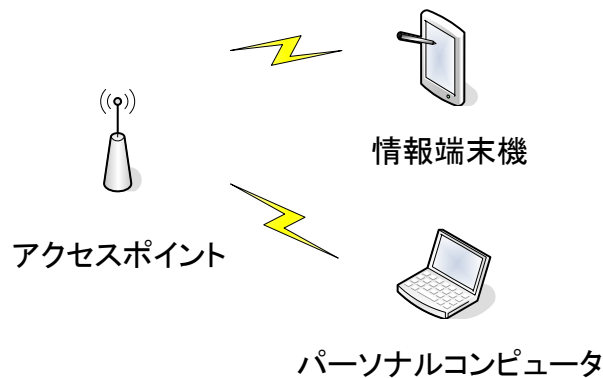
参考図2-2 IEEE802.15.3c の利用シーンの例

(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、参考図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。



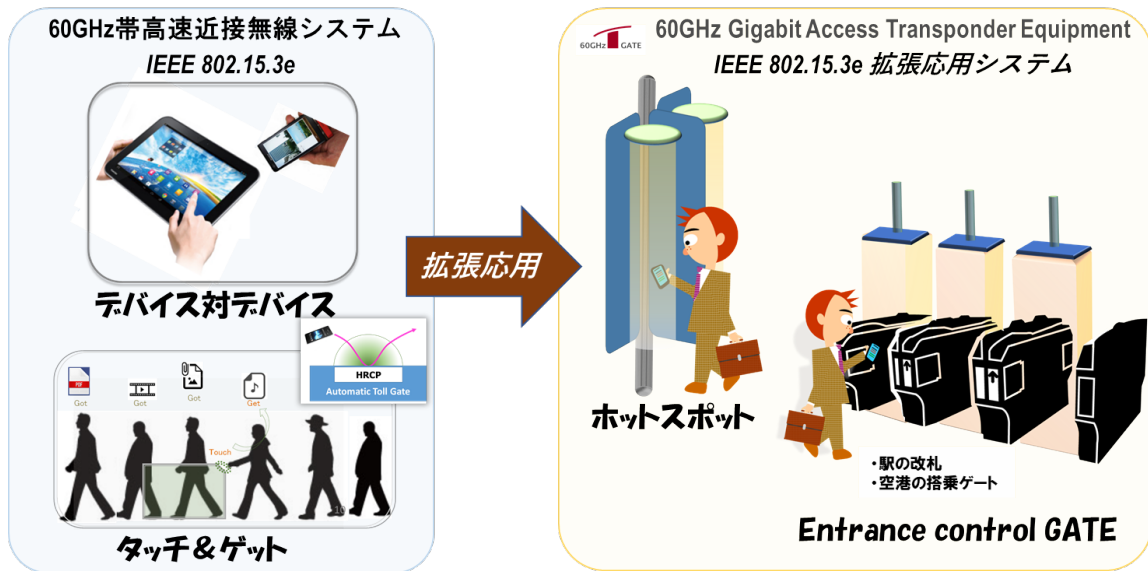
参考図2-3 IEEE802.11ad/WiGig の利用シーンの例

(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、平成 27 年 5 月より審議が開始され平成 29 年 3 月に規格として公開されたものである。また、平成 30 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。令和2年9月にドラフト6.0版が承認され、令和2年以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2-1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				
チャンネルプラン*1	Ch1:58.32GHz、Ch2:60.48GHz、Ch3:62.64GHz、Ch4:64.8GHz				
チャンネル間隔	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 ・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 ・チャンネルボンディング機能 ・チャン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チャンネルボンディングで2ストリームの場合

参考資料3 パルスセンサーの一日の利用時間

本文の3-3-6において前提としたパルスセンサーの1日の利用時間の算出根拠を参考表3-1に示す。

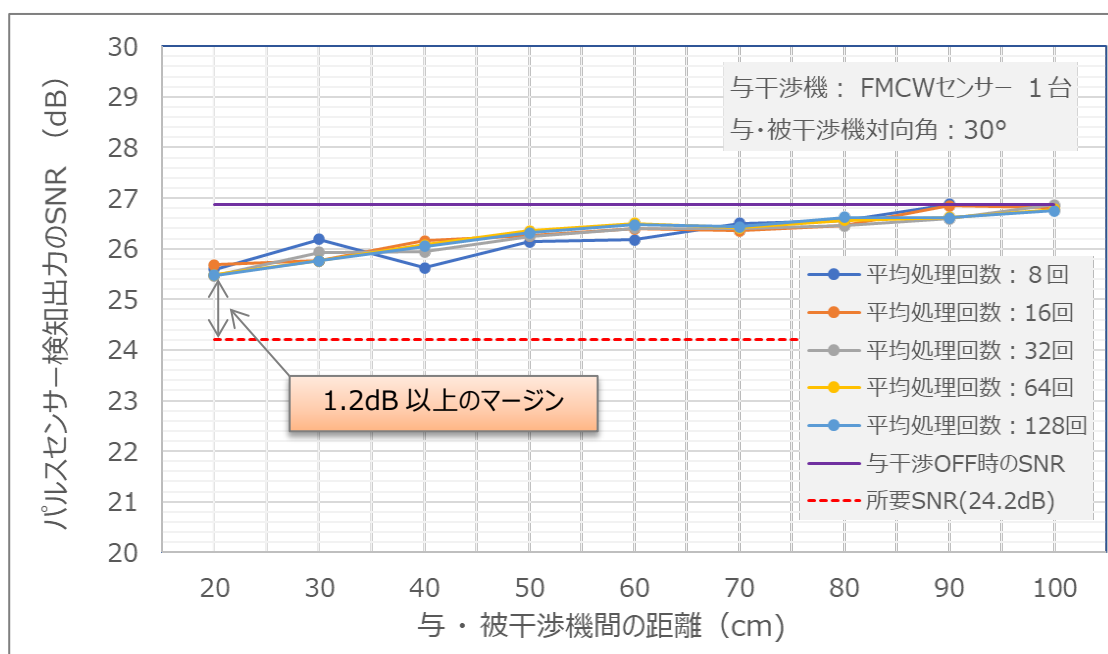
参考表3-1 パルスセンサーの1日の利用時間

A	平均使用頻度	1回/日	毎日使用とする。(電波望遠鏡所在地事情を考慮)
B	平均年間走行距離 ※ ⁹	6316 km	ソニー損保 2019年全国カーライフ実態調査
C	日本の乗用車平均走行速度※ ¹⁰	37.4 km/H	一般国道、2010年。(法)日本交通政策研究会 統計・資料 自動車交通研究 2014 P85
D	車使用日の平均走行使用時間	0.463h	$C=A/B/365$
E	使用日の走行回数	3回	$E = A \times (2 + 2 \times 1/2)$ 。車使用日:出勤に往復2回使用。買い物に往復計2回使用。但し、買い物は2日1回の頻度。(電波望遠鏡所在地事情を考慮)
F	動作時間(乗員検知)	0.463 h/日	$= A \times D$
G	乗員検知(置き去り使用)	0.25 h	$G=E \times 5/60$ 。車使用後5分間検知動作。
H	歩行速度	5000 m/h	車へ接近、離れる時の歩行速度。
J	キックセンサー動作範囲	10 m	システム規定。10m まで接近時 Kick Sensor が動作準備
K	車へ接近・離れるに必要な時間	0.002 h	$K = J / H$
M	荷物の搬入、搬出時間	0.05 h	搬入、搬出に約3分ずつかかる想定
N	乗員検知(キックセンサー)	0.312 h	$N = E \times 2 \times (K + M)$
	一日中のセンサー動作時間	1.025 h	一日中のセンサー動作時間 $= F + G + N$

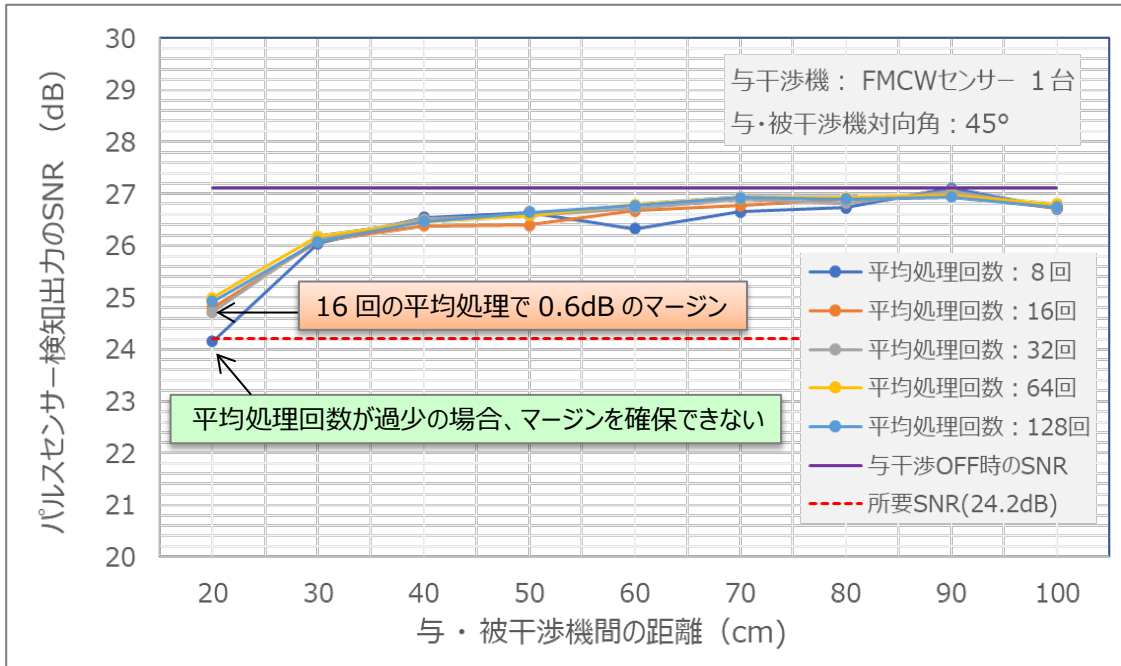
参考資料4 センサー端末同士の共用検討結果

1. FMCW センサーからパルスセンサーへの干渉

FMCW センサー1台をパルスセンサーに近づけた場合の SNR の測定結果を参考図4-1 及び参考図4-2に示す。なお、図中の測定データは、パルスセンサーの平均処理回数を8回から128回まで増やした場合のSNRをとる。



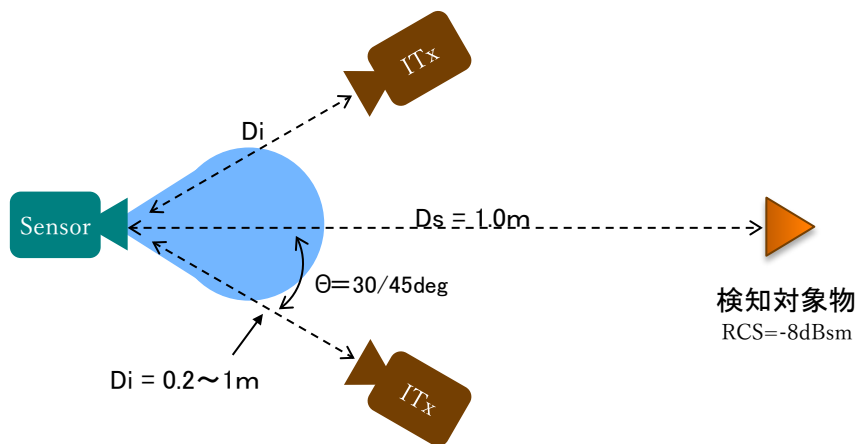
参考図4-1 SNRの測定結果(対向角30°の場合)



参考図4-2 SNRの測定結果(対向角 45° の場合)

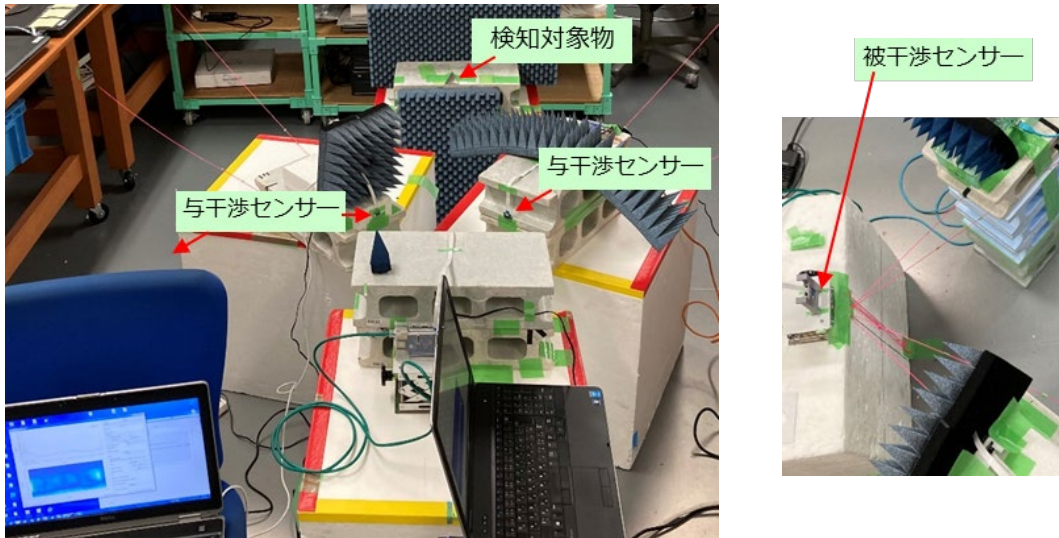
2. パルスセンサー同士の干渉

パルスセンサー同士の干渉の影響を検証するため、参考図4-3に示すように、パルスセンサー1台(被干渉システム)にパルスセンサー2台(与干渉システム)を近接させた場合のSNRを測定した。



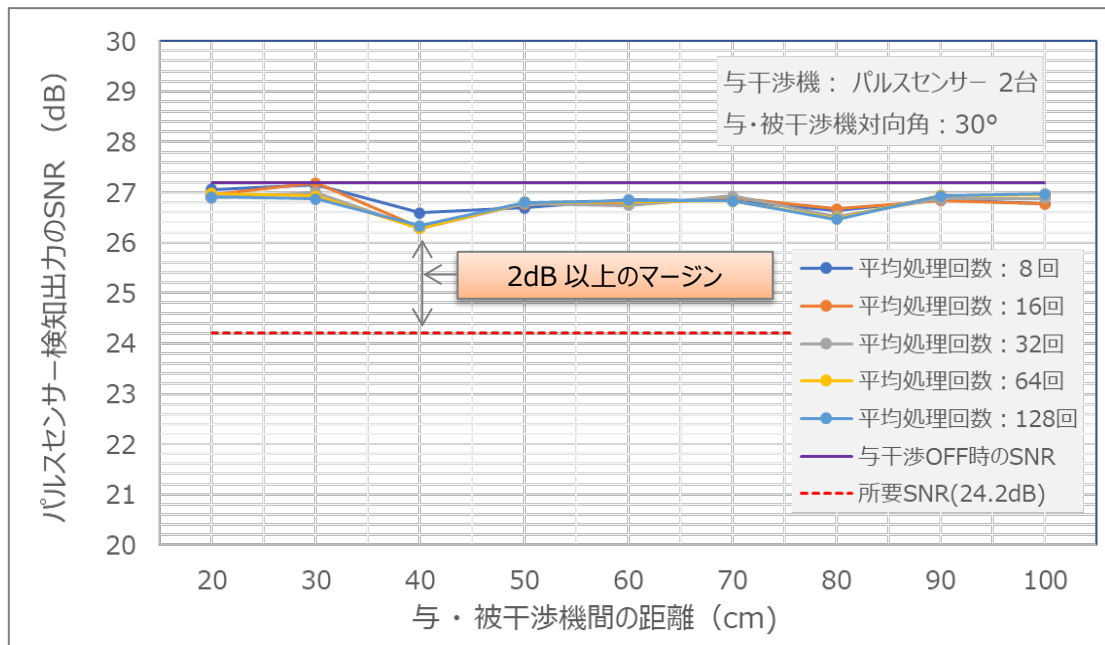
参考図4-3 測定系統図(パルスセンサー同士の干渉)

実験の様子を参考図4-4に示す。

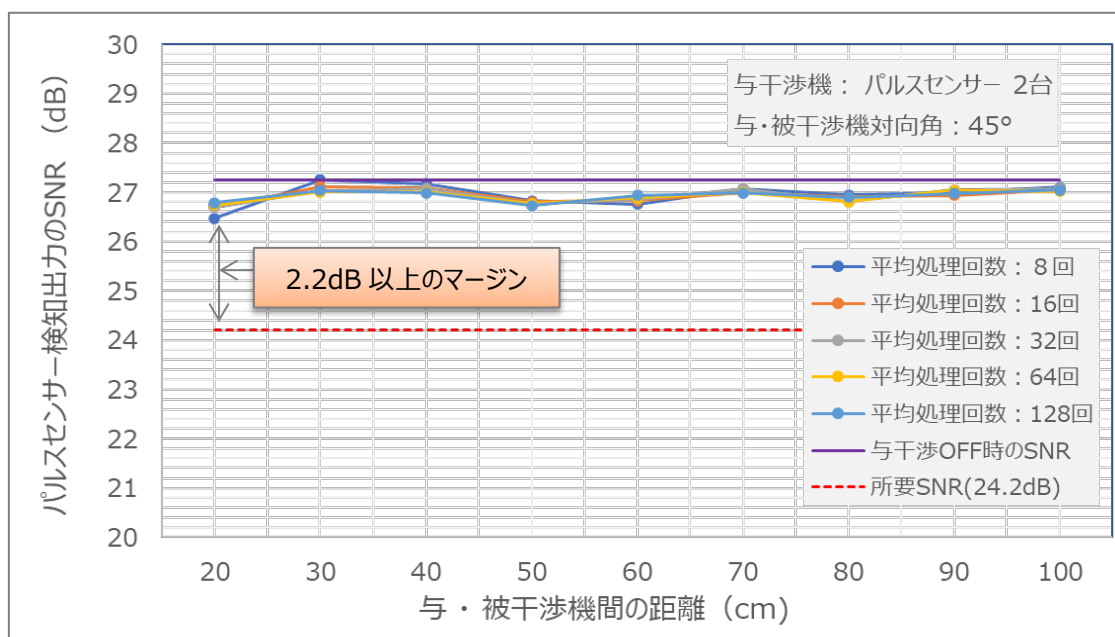


参考図4-4 実験の様子(パルスセンサー同士の干渉)

測定結果を参考図4-5及び参考図4-6に示す。



参考図4-5 SNRの測定結果(対向角30°の場合)



参考図4-6 SNRの測定結果(対向角45°の場合)

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。

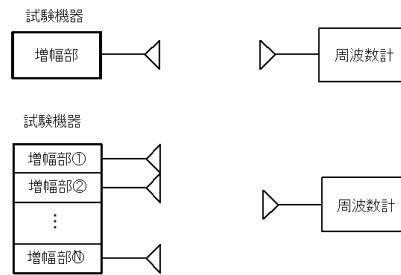
(2) 空中線測定端子無しの場合

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ラム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。

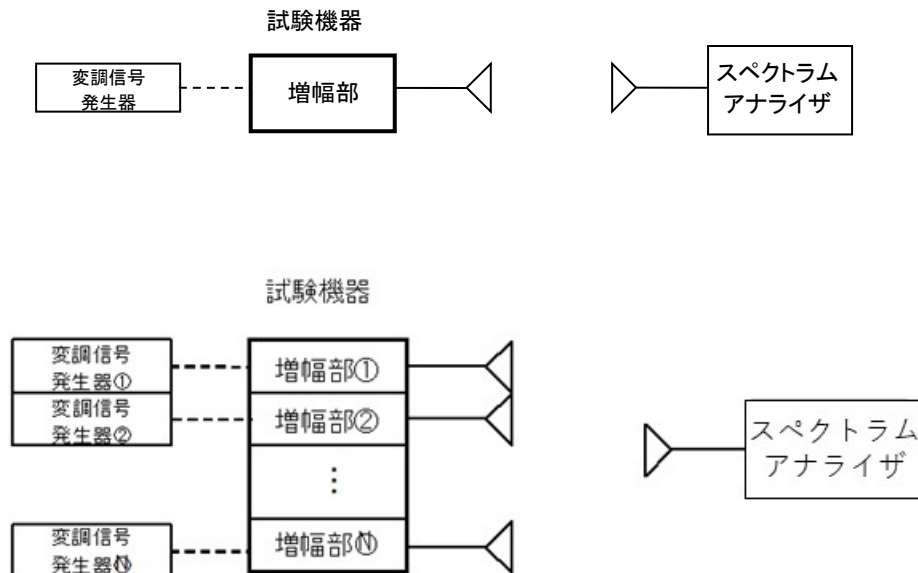
(2) 空中線測定端子無しの場合

ア 試験機器の空中線ごとに測定する場合

スペクトラム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、スペクトラムアナライザ、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

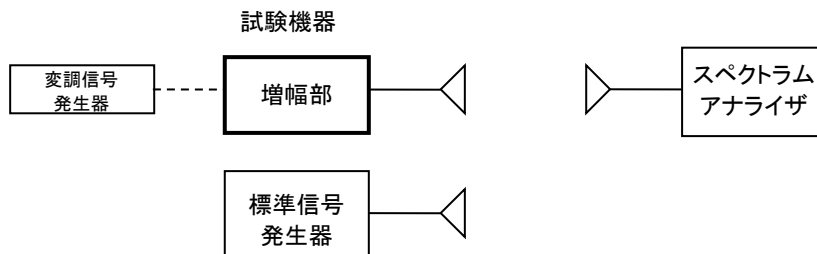
測定距離 3m 以上の電波暗室又は地面反射波を抑圧したテストサイトにおいて、スペクトラムアナライザ等に測定用空中線を接続し、その他の条件は(1)と同様にして等価等方輻射電力を測定すること。この場合において、測定用空中線は指向性のものを用いること。また、試験機器の空中線開口径に留意し、遠方界条件を満たす試験機器と測定用空中線との離隔距離(試験機器の空中線開口径が小さく遠方界条件を満たす場合は3m以下の離隔距離とすることができる。)を確保すること。

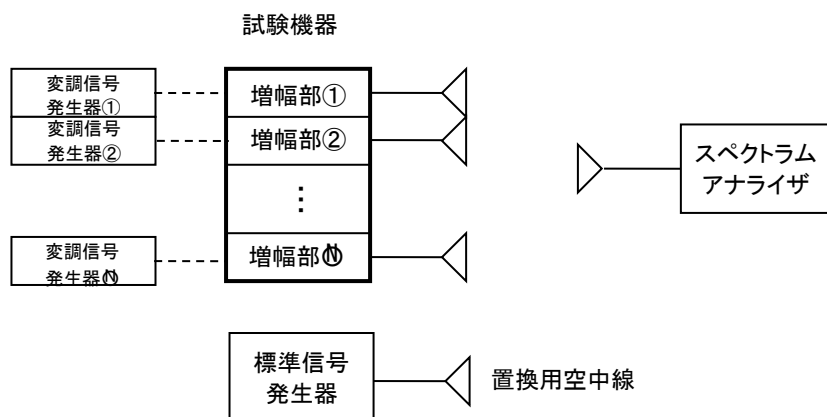
なお、給電点での空中線電力は、等価等方輻射電力の測定値に、測定する周波数帯における送信空中線利得(工事設計書等に記載された値)を除いて換算を行うものとする。

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、スペクトラム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、スペクトラム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、スペクトラム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、スペクトラム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、スペクトラム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、スペクトラム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、スペクトラム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ラム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。