

情報通信審議会 情報通信技術分科会

UWB 無線システム委員会

報 告 (案)

目 次

I	審議事項	3
II	委員会及び作業班の構成	3
III	審議経過	3
IV	審議概要	5
	第1章 UWBレーダシステムの概要	5
	1-1 審議の背景	5
	1-2 UWBレーダシステムの利用イメージ	6
	1-3 UWBレーダシステムの導入効果	7
	1-4 UWBレーダシステムの要求条件	8
	第2章 諸外国における取り組み	11
	2-1 国際標準化動向	11
	2-2 諸外国における検討動向	12
	第3章 UWBレーダシステムの普及予測	17
	3-1 前提条件	17
	3-2 普及予測	18
	3-3 普及密度及び利用密度	20
	3-4 諸外国の普及状況	21
	第4章 他の無線システムとの共用条件	22
	4-1 共用検討結果要旨	22
	4-2 干渉検討の前提条件	24
	4-3 放送衛星	25
	4-4 加入者系無線アクセスシステム／携帯電話エントランス回線	26
	4-5 電波天文	28
	4-6 衛星間通信	31
	4-7 CATV番組中継	33
	4-8 地球探査衛星	35
	4-9 アマチュア無線	38
	4-10 各種レーダ（移動体検知センサ）	39
	4-11 空港面探知レーダ	40
	4-12 準ミリ波帯広帯域無線アクセス	42
	4-13 固定衛星	44
	4-14 帯域外領域の個別検討	46
	第5章 UWBレーダシステムの技術的条件	48
	5-1 一般的条件	48
	5-2 無線設備の技術的条件	49
	5-3 測定法	50
	第6章 今後の検討課題	53
	6-1 継続検討課題	53
	6-2 新規被干渉システムや不測の事態への対応	54
V	審議結果	54

審議事項

UWB 無線システム委員会は、情報通信審議会諮問第 2008 号「UWB（超広帯域）無線システムの技術的条件」（平成 14 年 9 月 30 日）について審議を行った。

I 委員会及び作業班の構成

委員会の構成員については、別表 1 のとおり。

検討の促進を図るため、本委員会の下に UWB レーダ作業班を設置し検討を行った。作業班の構成員については、別表 2 のとおりである。

II 審議経過

1 委員会での検討

(1) 第 8 回（平成 18 年 12 月 25 日）

委員会の運営方針、審議事項及びスケジュールについて審議を行い、委員会の下に作業班を設置することとした。

(2) 第 9 回（平成 19 年 3 月 26 日）

関係者からの意見聴取の機会を設けた。

自動車用レーダの普及を推進する業界団体である SARA (Strategic Automotive Radar frequency Allocation) より UWB レーダシステムは既に諸外国で市場導入されており、日本の交通安全にも貢献可能である旨の意見陳述があった。

国立天文台電波天文周波数小委員会より、UWB レーダシステムからの電波が電波天文業務に妨害を与えないよう、ITU 勧告 769 の厳守、電波天文設備近傍での電波発射禁止等に留意いただきたい旨の意見陳述があった。

また、UWB レーダ作業班における検討状況の報告を行った。

(3) 第 10 回（平成 21 年 10 月 6 日）

UWB 無線システム委員会報告案についての審議を行った。平成 21 年 月 日から同年 月 日までの間、パブリックコメントを招請することとした。

(4) 第 11 回（平成 21 年 月 日）

パブリックコメントの結果を踏まえ、委員会報告をとりまとめた。

2 作業班での検討

(1) 第 1 回（平成 18 年 12 月 26 日）

作業班の運営方針及び今後の検討の進め方について審議を行った。

UWB レーダシステムの概要及び諸外国における検討状況等について、関係者及び事務局から紹介があった。

(2) 第 2 回（平成 19 年 1 月 31 日）

UWB レーダシステムの基本性能、欧米における干渉検討の状況等について、関係者から紹介があった。

- (3) 第3回（平成19年3月22日）
準ミリ波帯 UWB レーダシステムと既存無線システム（EESS、固定回線）との共用検討について議論を行った。
- (4) 第4回（平成19年5月23日）
準ミリ波帯 UWB レーダシステムと既存無線システムとの共用検討について議論を行った。詳細な共用検討を行うため、個別の既存無線システム毎にアドホックグループを設置した。
- (5) 第5回（平成19年10月4日）
ITU-R 及び欧州における干渉検討結果並びに各アドホックグループの検討状況について個別関係者より報告があり、議論を行った。
- (6) 第6回（平成20年3月11日）
各アドホックグループの検討状況について個別関係者より報告があり、議論を行った。
- (7) 第7回（平成20年9月26日）
諸外国における UWB レーダシステムの検討状況及び各アドホックグループの検討状況について個別関係者より報告があり議論を行い、CATV 番組中継回線との共用について合意されたことが報告された。
- (8) 第8回（平成20年12月19日）
各アドホックグループの検討状況について個別関係者より報告があり議論を行い、加入者系無線アクセスシステムと携帯電話エントランス回線との共用について合意されたことが報告された。
- (9) 第9回（平成21年2月6日）
各アドホックグループの検討状況について個別関係者より報告があり、議論を行った。また、電力マスクに関するアドホック会合を今後開催する旨説明があった。
- (10) 第10回（平成21年4月21日）
各アドホックグループの検討状況について個別関係者より報告があり、議論を行った。電力マスクの検討を放送システムグループと集中的に進める旨、報告があった。
- (11) 第11回（平成21年7月10日）
電力マスクの検討状況について報告があり、議論を行った。許容普及率 0.1%又は 0.3%について議論を行った。
- (12) 第12回（平成21年9月10日）
電力マスクについて合意されたことが報告された。委員会報告（案）が報告され、議論を行った。

III 審議概要

第1章 UWBレーダシステムの概要

1-1 審議の背景

近年、UWB（超広帯域）関連技術の進歩と技術の使用環境が整備進展されてきている中で、この UWB 無線技術を用いるシステム（以下「UWB 無線システム」という。）が多くの分野で注目されている。UWB 無線システムは、非常に広い帯域幅にわたって電力を拡散させて数百 Mbps 規模の高速通信を可能とする無線システムであり、電力を抑え周波数を重畳して利用することにより他の無線システムと共用を図る新たな技術として注目されている。（図 1-1-1 参照）

国内では 2005 年 8 月、通信用途のマイクロ波帯（10GHz 以下）UWB 無線システムが制度化され、既にその利用が始まっている。

UWB レーダシステムは、超広帯域を利用することにより高精度な測位等を可能とし、その高精度の測位を自動車の安全技術に利用することで交通事故死亡者数の減少等が期待されており、国内の自動車メーカーは高い関心を持っている。また、その導入に当たっては、UWB レーダシステムが発射する電波の周波数帯域の中で電波を使用している各種無線システムとの間で周波数共用条件等の技術的条件を検討する必要がある。

国際的に見た場合、2002 年米国連邦通信委員会（FCC: Federal Communications Commission）は干渉と共用性に関する問題を再検討し、自動車の安全用途の準ミリ波帯 UWB レーダシステムが制度化されている。2005 年 EC（European Commission : 欧州委員会）も追随し、現在、全世界の約 60 ヶ国で UWB レーダシステムの利用が認められている。（第 2 章参照）

本審議は、以上のような利用環境の国際的動向及び国内の利用者のニーズを鑑み、特に自動車の安全技術として注目されている準ミリ波帯 UWB レーダシステムの技術的条件について、諸外国の導入事例及び我が国独自の状況を踏まえ、周波数を共用する他システムとの干渉検討を中心に審議を行ったものである。

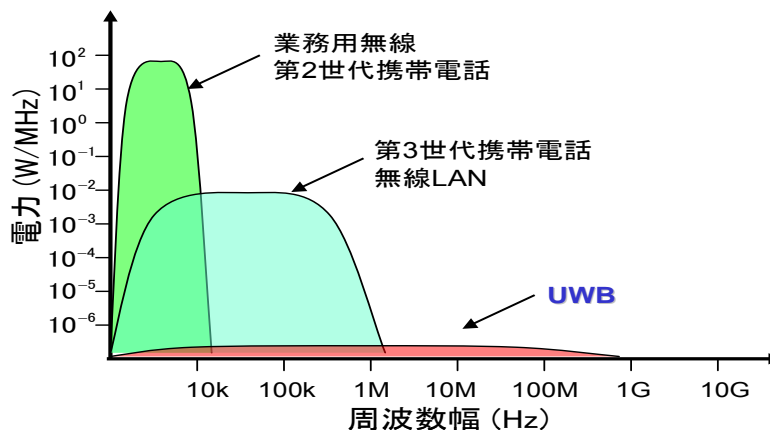


図 1-1-1 UWB 無線システムの周波数利用の概念

1-2 UWBレーダシステムの利用イメージ

準ミリ波帯 UWB レーダシステムは、従来の他の車載センサ技術に比べて近距離分解能が高いため、特に自動車の予防安全及び衝突安全技術に利用することで自動車事故による死亡者数の減少等が期待されている。UWB レーダシステムの機能と性能は、従来のメカニカルにスキャンするレーダ方式とは異なり、広帯域アンテナを用いたレーダを複数台による三角測量の要領で反射体の位置を測定する方法も可能である。例えば、車両の周囲に配置された複数のレーダを併用することで、車両の周囲の全方位を監視することもできる。

UWB レーダシステムによって実現可能なアプリケーションを図 1-2-1 に示す。同一のレーダを複数の用途に使用できることも UWB レーダシステムの利点である。

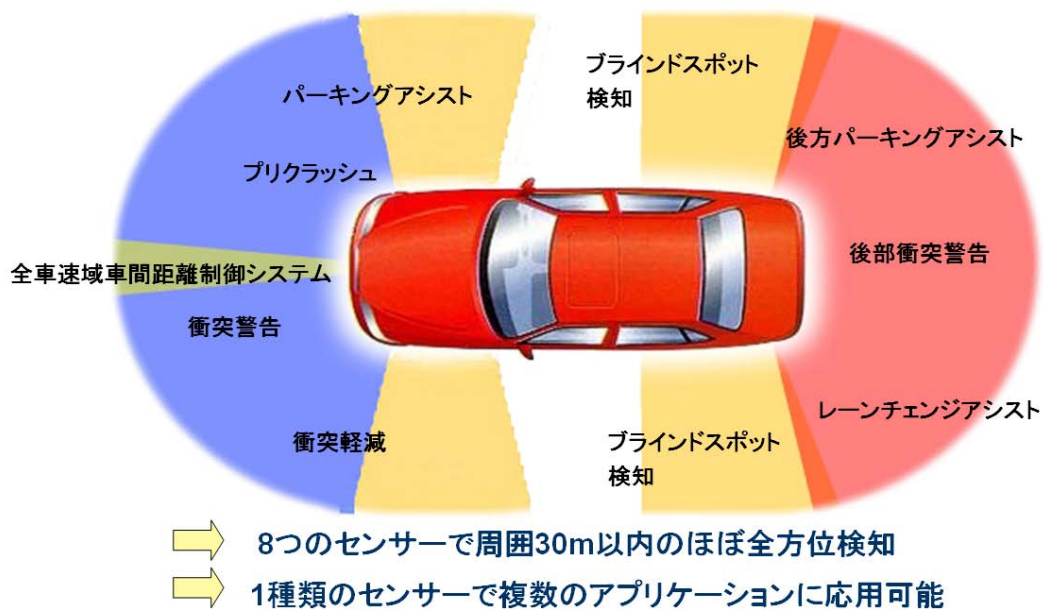


図 1-2-1 UWB レーダシステムにより実現可能なアプリケーション

UWB レーダシステムは、以下の様な特長があり、既に実用化されている他のセンサ技術と比べて優位な方式であると考えられている。(表 1-2-1 参照)

- ・ 超広帯域を用いることにより高精度検知で高信頼性の障害物検知が可能。
- ・ 雨、雪、霧や対象物の汚れなど悪状況下でも障害物を検知可能。

76GHz 帯の車載レーダと比べて、既に市場で広く利用されている安価な部品を使用することが可能であることも準ミリ波帯が UWB レーダシステムに採用された理由の一つである。

表 1-2-1 他の車載センサ技術との比較

	周波数	帯域幅	最大分解能	電力	空中線利得	測距可能な距離
UWBレーダシステム	22~29GHz	4750MHz以下	3cm程度	-41.3dBm/MHz	-	最大30m程度
60GHz帯レーダ	60~61GHz	500MHz以下	30cm程度	10mW	40dBi以下	最大200m程度
76GHz帯レーダ	76~77GHz	500MHz以下	30cm程度	10mW	40dBi以下	最大200m程度

1-3 UWBレーダシステムの導入効果

日本における道路交通事故による死者数は近年減少の傾向を示している（図 1-3-1 参照）が、それでも年間6千人前後にのぼっており、交通事故死者数の減少は緊急の課題となっている。UWBレーダシステムは、欧州における eSafey 構想（2010年に情報通信技術を用いて交通事故死傷者数を半減する構想：Information and Communications Technologies for Safe and Intelligent Vehicles（SEC(2003)963））に対応して考案・開発されたシステムであり、顕著な効果が実証されつつある。

道路交通事故件数・死者数

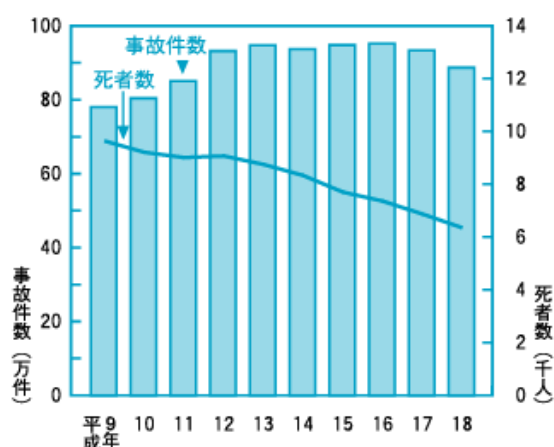


図 1-3-1 道路交通事故件数と死亡者数

UWBレーダシステムの効果は、運転者に警報を与えることによる事故回避効果と、ブレーキ、エアバッグシステム等（制御機能）との連携による事故回避・被害軽減効果に大別される。

1-3-1 警報による事故回避効果

警報による事故回避効果は、図 1-2-1 に示すアプリケーション例のうち、衝突警告、パーキングアシスト、ブラインドスポット検知、後方パーキングアシスト、後部追突警告、レーンチェンジアシストに顕著である。例えばブラインドスポット検知は自車の後側方に存在する他車両を検知し視覚、聴覚的に警報を与えるシステムである。この衝突警報により車線変更時、追い越し時の事故を回避することができる。

1-3-2 制御機能との連携による事故回避・被害軽減効果

UWB レーダシステムとエアバッグシステムとの連携を行うことにより、車両の周囲に配置された UWB レーダシステムの検知出力によって障害物との衝突を予測して衝突の前にエアバッグを作動させることで、衝突直後にエアバッグを作動させる従来のエアバッグシステムよりも乗員の被害軽減効果が期待できる。

UWB レーダシステムと自動ブレーキとの連携を行うことにより、前方障害物との衝突回避又は衝突被害軽減に有効である。図 1-3-2 に自動ブレーキによる減速効果の実験結果を示す。例えば相対速度 40km/h で前方障害物に接近した場合、自動ブレーキにより衝突速度が 15km/h 低減され衝突被害が軽減させることが可能となる。ドイツ国内の実際の交通事故を分析した検討によれば、この種の技術によって追突事故の約 5 分の 1 を防ぐことができる可能性がある。(参考資料 1-1 参照)

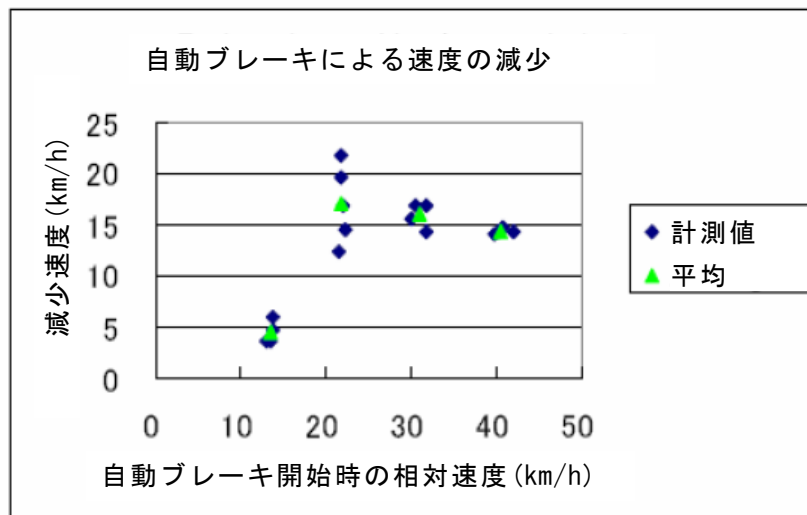


図 1-3-2 自動ブレーキによる減速効果

1-4 UWBレーダシステムの要求条件

1-4-1 UWB レーダシステムの定義

UWB レーダシステムを含む UWB 無線システムは、ITU-R SG1 による UWB の技術的特性に関する勧告 (ITU-R SM.1755) において、以下の通り定義されている。なお、我が国においては、必要周波数帯幅が 450MHz 以上のものを UWB 無線システムとしている。

UWB 技術を用いたデバイスは、500MHz 以上の帯域幅（※）を有するもの、又は帯域幅（※）を中心周波数（ f_C ）で割った帯域幅率（ μ_{-10} ）が 0.2 以上のものであることとする。
（※）最高輻射周波数（ f_M ）に対して、輻射電力が 10dB 下がった周波数（ f_L, f_H ; $f_L < f_H$ ）間の幅を帯域幅（ B_{-10} ）とする。

$$B_{-10} = f_H - f_L$$

$$\mu_{-10} = B_{-10} / f_C$$

$$f_C = (f_H + f_L) / 2$$

なお、発射する電波の中心周波数を変化させる方式（周波数ホッピング、チャープ等）については、瞬時に電力を輻射する帯域幅が 500MHz 以上の帯域を有するもの、又は帯域幅率が 0.2 以上のものであることとする。

今回検討を行う UWB レーダシステムは、準ミリ波帯（22-29GHz）を用い、超広帯域を利用することにより高精度な測位等を可能とするレーダシステムを対象とする。

1-4-2 UWB レーダシステムの基本特性

UWB レーダシステムの基本特性を以下に示す。

- ① 超広帯域の周波数帯幅により非常に微弱な電力密度：
通信用途の UWB 無線システムと同様に、非常に微弱な電力（平均電力 -41.3dBm/MHz EIRP）により、実用的には 30m 程度までの近距離レーダとして利用可能である。また他の無線システムへの影響が比較的生じにくい。
- ② 距離、相対速度、角度を検出：
送信と受信の時間差から反射点（対象物）との距離を算出し、ドップラ効果等の利用により相対速度（接近速度）を検出する。
- ③ 高い分解能の距離検出：
一般的にはインパルス信号の送信時間をナノオーダーまで短くすることで分解能を高め、数センチの精度で距離を検知することが可能である。

UWB レーダシステムの搭載が想定されるアプリケーションから要求される帯域幅（距離分解能）を表 1-4-1 に示す。プリクラッシュなど制御機能と連携する自動車の安全装備には、歩行者や二輪車を区別できる高い分解能と天候や昼夜を問わず障害物を正確に検知できる高い信頼性が要求され、特にパーキングアシストについて 5cm 程度の距離分解能が要求されることから、これらを実現するため 4~5GHz 程度の帯域幅が必要となる。（参考資料 1-2 参照）

表 1-4-1 UWB レーダシステムに要求される帯域幅

アプリケーション	パーキングアシスト	プリクラッシュ	ブラインドスポット	ストップ&ゴー	歩行者保護	リアパーキングアシスト
最小範囲 (m)	0.2	0.2	0.5	0.3	0.5	0.5
最大範囲 (m)	1.8	10	8	20	5	10
相対速度 (km/h)	20	200	100	100	70	30
距離分解能 (m)	0.05	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1
速度分解能 (m/s)	0.1	1	1	1	1	0.5
水平視野角 (度)	160	100	100	100	100	100
垂直視野角 (度)	20	20	20	20	20	20
繰返し周期 (ms)	100	10	10	50	10	50

周波数帯	帯域幅	分解能 ΔR
24.000 – 24.250 GHz (狭帯域)	250 MHz	0.6 m
21 – 26GHz (広帯域)	5 GHz	0.03 m

■ 4 – 5 GHz の帯域幅が高分解能のために必要

$$(\text{分解能}) \Delta R [\text{m}] \approx \frac{(\text{光速}) 3.0 \times 10^8 [\text{m/s}]}{2 \times (\text{帯域幅}) [\text{Hz}]}$$

1-4-3 利用環境

UWB レーダシステムについては、交通事故数及び交通事故死亡者数の低減が主な目的であることから、基本的には車両に搭載して使用することが基本となる。

1-4-4 国際的なハーモナイゼーション

UWB レーダシステムに適用される規定については、以下のような観点から国際的ハーモナイゼーションを確保することが求められる。

- ① 自動車の輸出入を阻害しないこと (非関税障壁)
- ② 交通事故数及び交通事故死亡者数の軽減が国内外に共通の命題であること
- ③ 国際市場の拡大による一層の低廉化が望まれること (部品コストの低減を含む)

第2章 諸外国における取り組み

2-1 国際標準化動向

2-1-1 ITU（国際電気通信連合：International Telecommunication Union）

ITU-R（無線通信部門：Radiocommunication sector）では、米国や欧州の動きを受けて、UWB の技術面、規制面あるいは各無線システムとの周波数共用について検討するため、2002 年 7 月に周波数管理を担当する SG1（Study Group 1）を主体とし、その中に TG1/8（Task Group 1/8）を設置した。

TG1/8 の中に、UWB の技術的特性、UWB から他業務に与えるインパクト、周波数管理フレームワーク、UWB の測定技術の 4 つの課題にそれぞれ対応する 4 つの WG（Working Group）を設け、検討を開始した。（図 2-1-1 参照）

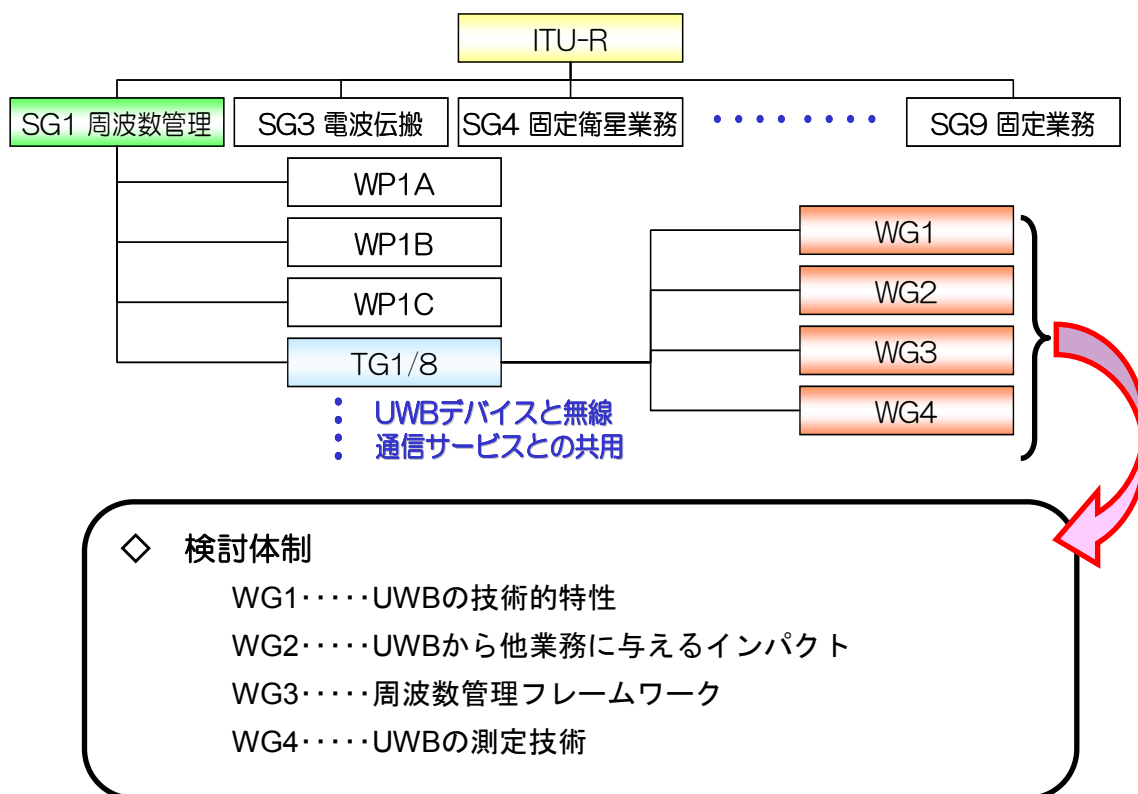


図 2-1-1 ITU-R での UWB 検討体制

TG1/8 は、当初、2004 年 10 月までに UWB の検討についての結論を出す予定であったが、他の無線システムとの周波数共用について多くの検討課題が残っていたこともあり、審議期間を 1 年延長した。

2005 年 10 月の最終会合では、各 WG の審議結果が 4 つの勧告案（Draft New

Recommendation) として取りまとめられ、TG1/8 から SG1 に入力され、郵便投票による採択／承認手続きに付すことについて合意された。

その後、郵便投票による採択／承認手続きが終了し、2006 年 5 月、正式承認された。各 WG における審議結果は以下のとおりであり、以降特に動きはない。

WG1 : UWB に関して、用語の定義、UWB 信号の特性等に関する勧告 ITU-R SM.1755 が取りまとめられた。

WG2 : 各無線通信業務グループより UWB からの影響に関する提案がなされ、UWB から他の無線システムに影響を与えないための UWB 電力レベルに関する勧告 ITU-R SM.1757 が取りまとめられた。

WG3 : UWB を導入する際の規制関連の基本的な枠組みに関する勧告 ITU-R SM.1756 が取りまとめられた。本勧告案において、各主管庁は本勧告案を含む今回の勧告案を参照し、自らの主権に基づき UWB 規制について策定できることとされている。

また、本勧告の Annex に 3 つの Appendix が設けられ、情報として、既に制度化が行われている米国の電力マスク、現在 UWB について検討が行われている欧州の暫定電力マスクとともに日本の暫定電力マスクが記載された。

WG4 : 周波数帯域幅、平均電力及びピーク電力について、周波数領域及び時間領域での測定方法等に関する勧告 ITU-R SM.1754 が取りまとめられた。

2-2 諸外国における検討動向

2-2-1 米国

1998 年、FCC は UWB を周波数の調整が不要な免許不要の無線機器（FCC 規則 Part15 に規定）として、干渉の保護を要求しないこと、干渉を与えないことを前提に制度化に向けた検討を開始した。

FCC は検討の中で、Part15.209 に規定されている免許不要局の放射許容値レベルであれば、他の無線システムに干渉を与える可能性が極めて低いことを理由に、この電力レベルを UWB 無線システムの電力マスクとして提案した。

その後、2002 年 2 月、FCC02-48 が採択され、通信システム、GPR システム（地中レーダ：Ground Penetrating Radar）、画像透過映像システムなどと同時に、車載レーダに対して周波数が暫定的に開放された。

さらに、2004 年 12 月、Part15 規定に対して、FCC04-285 が採択され、車載レーダに恒久的に利用可能な新たなスペクトルマスクが追加された。図 2-2-1 に認められた 2 種のスペクトルマスクを示す。

FCC 02-48 1st Report&Order (2002 年 2 月) (Section 15.515)

- ・ 車載レーダは、自動車のエンジン起動時やギアチェンジ時、又は方向指示器の動作時等、自動車が動作している時のみ適用される。

- ・ -10dB 帯域は 22~29GHz の範囲にあり、かつ放射レベルが最大となる周波数は 24.075GHz 以上でなければならない。
- ・ 23.6~24.0GHzの周波数帯の垂直方向38度以上の放射レベルを最大放射レベルに対して25dB 減衰させる必要がある。さらに、2005年1月1日以降に製造され輸入される装置は、垂直方向30度以上25dB、2010年1月1日以降は30dB以上、減衰させなければならない。さらに2014年1月1日以降は、35dB以上減衰させなければならない。これらはアンテナの指向性のみならず、どのような方法を用いても良い。
- ・ 22~29GHzの車載レーダのEIRPは、-41.3dBm（分解能帯域1MHz）、最大放射周波数におけるピーク電力は50MHz帯域幅にて0dBm EIRP以下でなければならない。
- ・ 中心周波数及び最高出力周波数は24.075GHzよりも大きくななければならない。

FCC 04-285 2nd Report&Order (2004年12月) (Section 15.252)

- ・ 周波数の下限が23.120GHzに修正された。
- ・ また、垂直方向の放射電力規制ではなく、発射禁止帯23.6~24.0GHz帯の電力を-61.3dBm/MHzに低減することとされた。

周波数 (MHz)	EIRP in dBm/MHz
960-1610	-75.3
1610-23,120	-61.3
23,120-23,600	-41.3
23,600-24,000	-61.3
24,000-29,000	-41.3
Above 29,000	-61.3

- ・ 上記の変更以外にはFCC 02-48と全く同一の技術仕様。
- ・ 本規定は、UWBを規定するSubpart Fとは異なり一般の免許を要しない装置であるSection 15.252に記載されている。

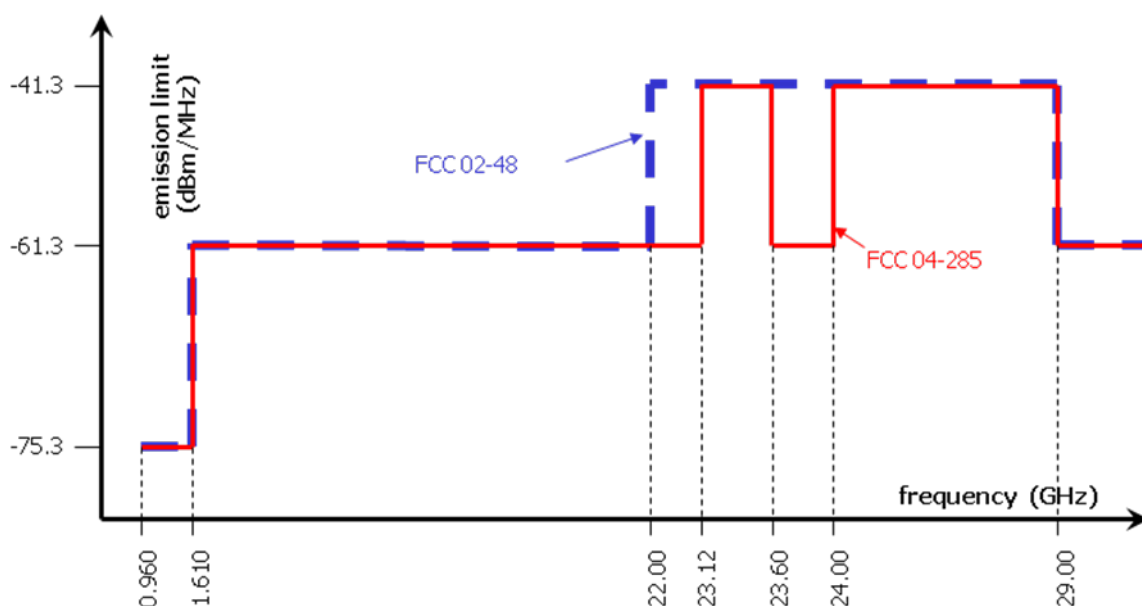


図 2-2-1 米国電力マスク（レーダ用途で使用する場合）

2-2-2 欧州

2003年9月15日に欧州議会で提唱された eSafety 構想に対応して法制化が開始された。

技術検討、干渉検討は2001年から開始されてきたが、それらは2003年5月に主な被干渉システムである電波天文(RAS)、地球探査衛星(EESS)及び固定サービス(FS)との共用検討結果が ECC (Electronic Communications Committee) Report #23 に取りまとめられ（表 2-2-1）、地球探査衛星との検討結果が欧州での2013年の時限的措置（普及率7%制限）の基となった。

表 2-2-1 SE24 における検討結果（概要） (ECC Report #23)

UWB レーダ輻射電力 eirp levels (dBm/MHz)	UWB レーダ 装着率	電波天文 RAS	地球探査衛星 EESS	固定業務 Fixed Service
-30	100%	No, 注 ¹	No	No
-41.3	100%	No, 注 ¹	No	No
-41.3	10%	No, 注 ¹	Yes	Yes, 注 ²
-50	100%	No, 注 ¹	No	Yes, 注 ²
-60	100%	No, 注 ¹	No	Yes

注 1 地勢、散乱損失、搭載車両密度等の可能な干渉緩和要素が考慮され、それらが十分な減衰を与えるならば共用可能

注 2 干渉緩和要素が考慮されれば共用可能

その検討結果を踏まえ、2004年7月8日、ECC 決議(2004/545/EC)により、まず79GHz帯 SRR(Short-Range Radar)の割り当てが決定した。

- ・ 周波数帯域 : 77~81GHz

- ・ 平均電力 : -3dBm/MHz(EIRP)以下
- ・ ピーク電力 : 55dBm(EIRP)以下
- ・ 用途 : 車載レーダ限定

一方、79GHz帯の技術は発展途上であり、コスト高であったため、2005年1月17日、ECC決議(2005/50/EC)により、暫定的に24GHz帯について、周波数割り当てを決定した。諸元は以下の通り。

- ・ 周波数帯域 : 22~26.65GHz
- ・ 平均電力 : -41.3dBm/MHz(EIRP)以下(22GHz以下は-61.3dBm/MHz以下)
- ・ ピーク電力 : 0dBm/50MHz(EIRP)以下
(24.05~24.25GHzは20dBm(EIRP以下))
- ・ 用途 : 車載レーダ限定
- ・ 23.6~24.0GHzの周波数帯の輻射レベルは垂直方向30度以上において25dB以上減衰させなければならない。さらに2010年1月1日以降に製造され輸入される装置は、垂直方向30度以上30dB減衰させなければならない。
- ・ 電波天文台の近く(1~35km)では自動的に停波する。

スペクトルマスクを図2-2-2に示す。図2-2-2中のSRD(Short Range Devices) bandは、CEPT(欧州郵便電気通信主官庁会議: Conference of European Postal and Telecommunications Administrations)が加盟国において共通化を進めている近距離無線システムに割り当てられる免許不要帯域に対する総称であり、24.05~24.25GHzはその1つであるが、UWBレーダシステムの電力マスクにおいてはUWB拡散周波数帯と別に認可されている

ECCは2005年1月指令にて、24GHz帯UWBレーダシステムは2013年程度までの時限的利用とした。用途は車載レーダに限定されている。搭載台数は全車両の7%まで(台数は集中管理)、電波天文台近傍でのレーダ自動停波機能(2007年6月以降)、仰角30度以上への放射制限(23.6~24GHz)などの制約がある。2013年以降の引継ぎ先の周波数帯域は、法制化済みの79GHz帯(77~81GHz)とされている。同時に2009年末までにミリ波デバイス開発の進捗を確認し、そのままミリ波に移行するかどうかを判断することとなっている。

このような状況の中、2008年11月、ECCは24GHz帯の状況調査を指令した(期限は2009年内)。CEPT周波数委員会は2008年12月に調査を開始し、まずは2009年3月には最初の報告書(暫定版)がECC会合に報告された。さらに新たな帯域についての干渉検討が同3月には開始された。2010年に最終報告することになっている。

上記に並行して、2008年11月には、ETSI(European Telecommunications Standards Institute: 欧州電気通信標準化機構)も新たな技術基準策定のための活動を開始している。

SARAは、2008年末におけるミリ波デバイス開発状況は未だ研究段階であり、2013年の時限における24GHz帯の技術の置き換えは困難であろうという判断に基づき、新たに

24～29GHz（中心周波数：約 26GHz）を EC に提案している。

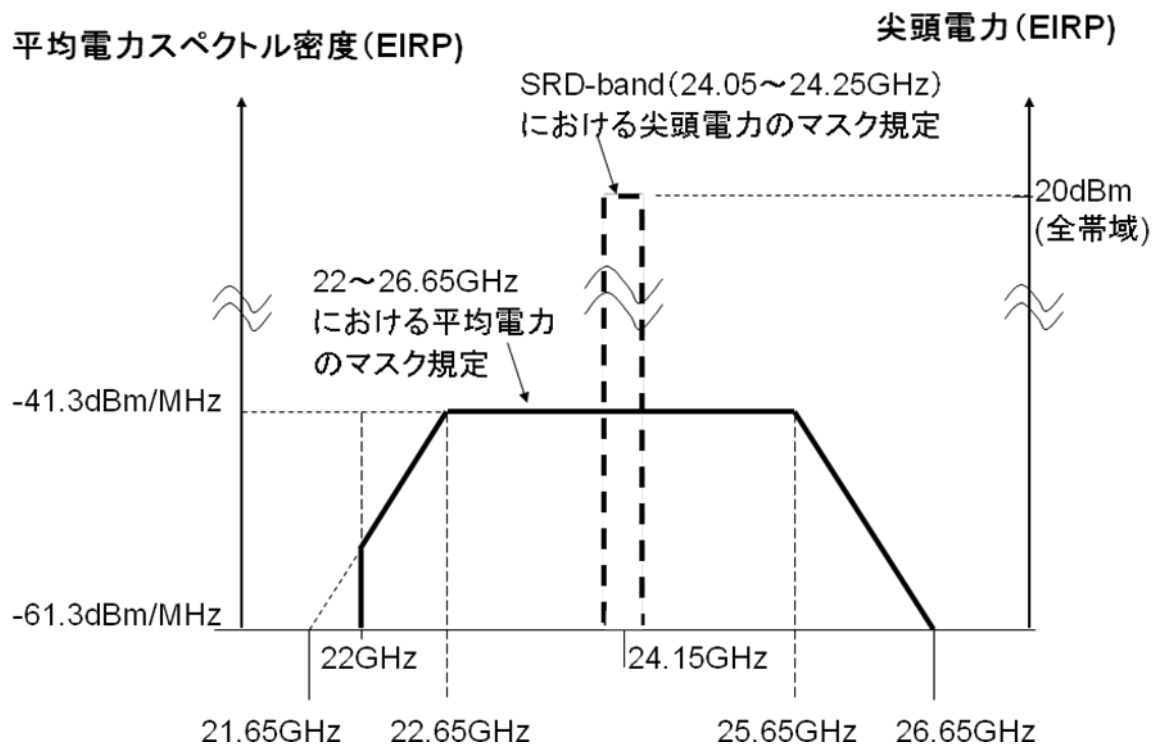


図 2-2-2 欧州の電力マスク

2-2-3 その他の国々

現状、シンガポール、CEPT に加盟する国々（スイス、ロシアなど）及び、南アフリカ、オーストラリア、メキシコにおいて 24GHz 帯の利用が制度化されている。さらに、79GHz 帯についての認可がシンガポールで追加された。

カナダでは、24GHz 帯 UWB レーダシステムの認可について公式の周波数割り当ての前に 24GHz 帯 UWB レーダシステム搭載車両の販売が台数限定で特別に認可されてきたが、2009 年 7 月 31 日米国の法規制に準拠した UWB システムの法案が 120 日の公開を終了し、制度化の目途をつけている。

現在、全世界の約 60 ヶ国で UWB レーダシステムの利用が認められている。

第3章 UWBレーダシステムの普及予測

UWBレーダシステムに関し、他の無線システムとの共用検討及び将来に必要な制度的措置等の検討を行う際に、その普及率や利用密度は重要なパラメータである。

本検討では、日本市場におけるUWBレーダシステムの普及予測及び利用密度の予測を行うこととする。

3-1 前提条件

3-1-1 普及推移モデル

新しい製品の普及モデルとして用いられることが多いロジスティック曲線に従うものと仮定し、既存の車載システム(前方衝突被害軽減装置等)の普及実績を基に自動車の買い替えサイクルを加味してUWBレーダシステムの普及予測を行った。

ロジスティック曲線の一般式

$$f(t) = \left(\frac{a}{b}\right) \frac{1}{1 + ce^{-at}}$$

$f(t)$: 装着率
 t : 導入からの経過年数
 a : 増殖率(立ち上がりの急峻度に影響)
 a/b : 環境容量(十分に時間が経過した時に漸近する値)
 c : 立ち上がりの時期(小さいほど早い)

3-1-2 パラメータの定義

UWBレーダシステムは車に搭載して使用することを想定していることから、我が国の自動車保有台数及び新規登録台数を基に検討を行う。近年我が国の自動車保有台数は増加傾向ではないため、2007年における統計データが大きく変動しないと仮定し、UWBレーダシステムの普及予測に使用するパラメータの定義を表3-1-1に示す。

表 3-1-1 UWBレーダシステムの普及予測に使用するパラメータの定義

(財団法人 自動車検査登録協会 統計値より)

自動車保有台数	8000万台 ← 79,236,095台(2007年3月末)
新規登録台数/年	700万台 ← 79,236,095台 ÷ 11.66年 = 6,795,548台/年 (11.66年: 2007年の平均使用年数)
買い替えサイクル	11.4年 ← 8000万台 ÷ 700万台 = 11.43年
UWBレーダ装着率	(UWBレーダ装着車の新規導入台数) ÷ (新規登録台数)
UWBレーダ普及率	(UWBレーダ装着車の累積導入台数 ^注) ÷ (自動車保有台数)

注 UWBレーダシステムの累積導入台数は、UWBレーダのシステム新規導入台数の過去11.4年間の合計とする

3-2 普及予測

3-2-1 導入初期の普及予測

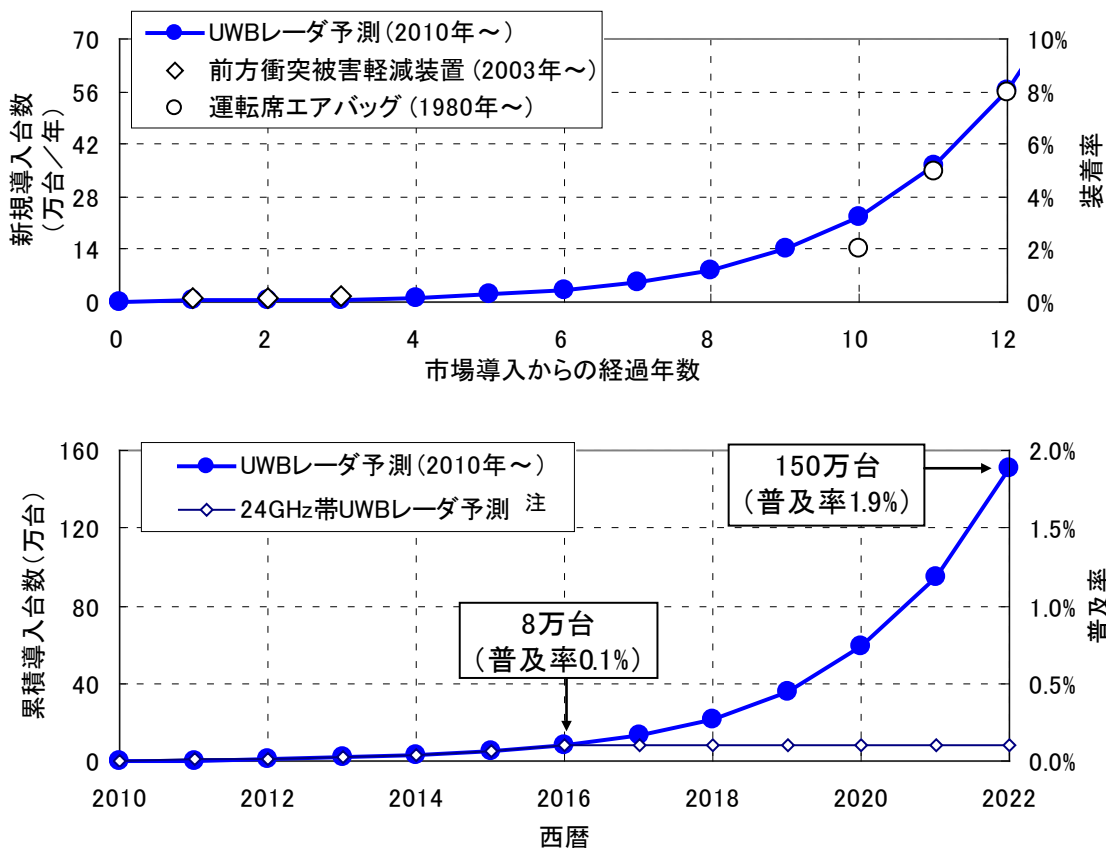
我が国におけるUWBレーダシステムの導入初期の普及予測を図3-2-1に示す。前方衝突被害軽減装置の普及実績から導入初期においては緩やかに普及が進むと予測し、10年経過後は運転席エアバッグの普及実績に近づき将来60%に漸近する近似式で普及を予測した。

$$f(t) = \left(\frac{a}{b}\right) \frac{1}{1 + ce^{-at}} \quad \begin{array}{l} a = 0.5 \\ a/b = 0.6 \quad (\text{将来 60\%に漸近}) \\ c = 2600 \end{array}$$

2010年から導入が開始されるとすると、導入初期は輸入車を中心に22~24.25GHzを含むUWBレーダシステム（以下、「24GHz帯UWBレーダシステム」という。）の普及が進むと予測される。（参考資料3参照）

6年経過の2016年には、累積導入台数を8万台程度と予測した。24GHz帯UWBレーダシステムに加えて、長期的運用を想定している24.25~29GHzにおけるUWBレーダシステム（以下、「26GHz帯UWBレーダシステム」という。）の導入も始まっているものと予測される。

12年経過の2022年には、累積導入台数を150万台程度と予測した。欧州の制度が時限措置となっているために24GHz帯UWBレーダシステムの普及率は横ばいとなり、26GHz帯UWBレーダシステムの割合が増加すると予測される。



注：2016年までの新規導入を想定

図3-2-1 UWBレーダの導入初期の普及予測

3-2-2 中長期の普及予測

我が国における UWB レーダシステムの中長期の普及予測を図 3-2-2 に示す。中長期においては、将来 60%に漸近する普及予測に加えて、運転席エアバッグの普及実績を参考に 14 年経過後から急速に普及が進み将来 100%に漸近する普及予測を追加した。

急速に普及した場合（14 年経過以降の近似式）

$$f(t) = \left(\frac{a}{b}\right) \frac{1}{1 + ce^{-at}} \quad \begin{array}{l} a = 1 \\ a/b = 1 \quad (\text{将来 100\%に漸近}) \\ c = 5550000 \end{array}$$

20 年経過の 2030 年には、自動車保有台数を分母にした普及率は 25%~45%程度と予測した。24GHz 帯 UWB レーダシステムの普及率は大幅に減少し、26GHz 帯 UWB レーダシステムに加えて既に欧州で制度化されているミリ波帯 UWB レーダシステム（79GHz 帯）の導入も始まっているものと予測した。

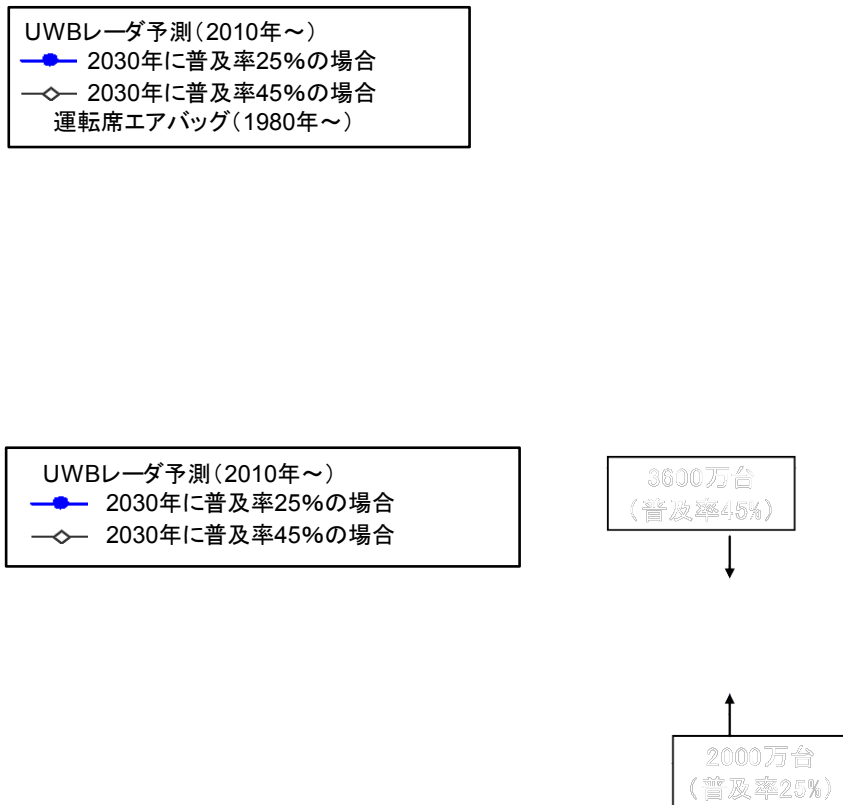


図 3-2-2 UWB レーダシステムの中長期の普及予測

3-3 普及密度及び利用密度

UWB レーダシステムは車に搭載して使用することを想定していることから、自動車の普及密度及び利用密度を基に、我が国におけるUWB レーダシステムの利用密度を検討する。

3-3-1 自動車の普及密度

自動車保有台数を国土面積で除算した値を自動車の普及密度（台/km²）とする。自動車の普及密度の全国平均及び普及密度上位20都府県を表3-3-1に示す。東京都と大阪府では、全国平均の約10倍の普及密度であることが分かる。上位5都府県で全国の27%の自動車が全国の4%の面積で保有されている。上位20都府県で全国の60%の自動車が全国の24%の面積で保有されている。

表3-3-1 自動車保有台数と普及密度 (2007年1月末)

(財団法人 自動車検査登録協会 統計値より)

順位		自動車保有台数		面積		普及密度
		台	比率	km ²	比率	台/km ²
	全国平均	79,473,595	100.0%	377819.23	100.0%	210
1	東京都	4,620,883	5.8%	2,187	0.6%	2,113
2	大阪府	3,811,704	4.8%	1,893	0.5%	2,014
3	神奈川県	4,013,973	5.1%	2,415	0.6%	1,662
4	埼玉県	3,914,661	4.9%	3,797	1.0%	1,031
5	愛知県	4,937,607	6.2%	5,157	1.4%	957
	上位5都府県	21,298,828	26.8%	15,449	4.1%	1,379
6	千葉県	3,455,701	4.3%	5,156	1.4%	670
7	福岡県	3,195,552	4.0%	4,973	1.3%	643
8	沖縄県	954,532	1.2%	2,272	0.6%	420
9	香川県	760,072	1.0%	1,876	0.5%	405
10	茨城県	2,438,964	3.1%	6,096	1.6%	400
	上位10都府県	32,103,649	40.4%	35,822	9.5%	896
11	静岡県	2,815,892	3.5%	7,780	2.1%	362
12	兵庫県	2,980,600	3.8%	8,392	2.2%	355
13	京都府	1,384,640	1.7%	4,613	1.2%	300
14	群馬県	1,738,521	2.2%	6,363	1.7%	273
15	佐賀県	646,820	0.8%	2,439	0.6%	265
16	栃木県	1,646,334	2.1%	6,408	1.7%	257
17	三重県	1,457,185	1.8%	5,776	1.5%	252
18	滋賀県	976,582	1.2%	4,017	1.1%	243
19	奈良県	843,684	1.1%	3,691	1.0%	229
20	長崎県	927,591	1.2%	4,093	1.1%	227
	上位20都府県	47,521,498	59.8%	89,395	23.7%	532

3-3-2 自動車の利用密度

表 3-3-1 に示した自動車の普及密度は登録されている全ての自動車を数えているが、実際には全ての車両が常時使用されているわけではなく、ほとんどの時間は駐車したままであるため、実際にエンジンが動作している自動車の割合（自動車の使用率）を考慮した自動車の利用密度を共用検討に使用する必要がある。自動車の利用密度について検討した結果を表 3-3-2 に示す。

自動車の利用密度は、全国平均で約 10 台/km²、最も利用密度の高い東京都において 128 台/km²である。

表3-3-2 日本の交通量密度

		計算式	全国平均	東京都	備考
a) 平均交通量 ^{注1}	台/24h		8040	26874	
b) 日中平均交通量 ^{注1}	台/12h		5933	17283	
c) 日中走行の割合	%	b)÷a)	73.8	64.3	
d) 平均速度 ^{注1}	km/h		35	20.2	混雑時走行速度
e) 年平均走行距離 ^{注2}	km/年		9807	8336	東京都は関東の数値
f) 1日の走行距離	km/日	e)÷365日	26.9	22.8	24時間
g) 1日の使用時間	h	f)×c)÷d)	0.566	0.727	日中12時間
h) 自動車の使用率	%	g)÷12時間	4.72	6.06	
i) 普及密度	台/km ²	表2	210	2113	
j) 利用密度	台/km ²	h)×i)	9.9	128.0	

注1 関東地域の道路交通 各種一覧表（平成 11 年度 新・道路交通センサス）より

注2 ディーゼル乗用車の経済分析、ガソリン車・ハイブリッド車との比較より

3-3-3 UWB レーダシステムの利用密度

自動車の利用密度に 3-2 で述べた UWB レーダシステム装着車の普及率を乗算した値を UWB レーダシステム装着車の利用密度とする。自動車 1 台当たりの UWB レーダシステム搭載数は、平均 4 レーダとする。（ITU-R TG1/8 の UWB レーダの共用検討より）

UWB レーダシステム装着車の普及率が約 25%~45%に到達すると予測される 2030 年において、UWB レーダシステムの利用密度は、全国平均で 10~18 個/km²、最も利用密度の高い東京都において 128~230 個/km²となる。

3-4 諸外国の普及状況

24GHz 帯 UWB レーダシステム搭載車両は、2005 年に欧州で市場導入が始まり、現在では世界の 60 ヶ国で 5 社の自動車メーカーが市場に参入している。欧州では、2009 年 6 月に ACEA（European Automobile Manufacturers Association：欧州自動車工業会）から報告された 24GHz 帯 UWB レーダシステム搭載車両の欧州全体の自動車保有台数に対する普及率は約 0.02%（2009 年 5 月末時点）と非常に低く推移している。この非常に低い普及率は、欧州での時限措置（市場導入の期限が 2013 年まで）や利用地域の制限が 24GHz 帯 UWB レーダシステム搭載車両の市場導入を抑制した結果である。一方、制限の無い米国では、商用車やスクールバスにも搭載され始めており、今後、交通事故低減を命題に普及が加速すると予想される。（参考資料 2 参照）

第4章 他の無線システムとの共用条件

UWB レーダシステムの導入のためには、同一周波数帯内の他の無線システムとの共用並びに近接周波数利用の無線システムとの間の干渉について検討を行う必要があり、以下のような干渉検討の前提条件に基づき、対象システム毎に検討を行った。

4-1 共用検討結果要旨

4-1-1 UWB レーダシステムと周波数を共用する既存の無線システム

UWB レーダシステムが利用する周波数である 22~29GHz の周波数の利用状況については、図 4-1-1 に示すとおりであり、これらの無線システムとの共用検討を行った。

また、図 4-1-1 に記載の 22~29GHz の周波数を利用する無線システム以外に、特にマイクロ波帯以下の放送関係システムについては、仮に干渉が生じた場合その影響度合いが大きいとの判断により、4-14 において詳細な検討を実施した。

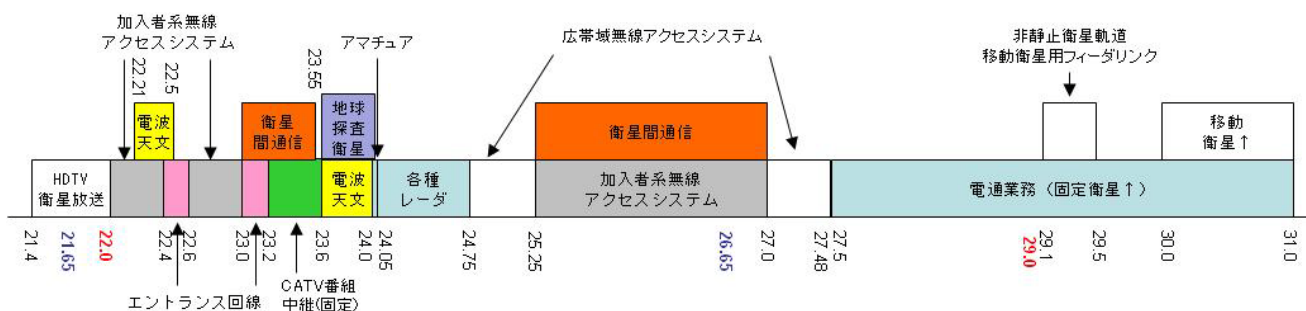


図 4-1-1 22~29GHz の周波数の利用状況

4-1-2 共用検討結果

図 4-1-1 に示した他の無線システムと UWB レーダシステムとの共用検討結果について、時限措置を想定している 22~24.25GHz における共用検討の結果について表 4-1-1、それ以外の帯域である 24.25~29GHz における共用検討の結果について表 4-1-2 に示す。

表 4-1-1 22~24.25 GHz 帯の干渉検討結果要旨（普及率 1%で検討）

章番号	検討対象の無線システム	周波数帯	マージン	共通の共用条件
4-3	放送衛星	21.4~22.0 GHz	+10.8 dB	電波天文との 検討結果より 普及率が 0.1% を超える 2016 年を市場への
4-4	加入者系無線 アクセスシステム	22~22.4 GHz 22.5~23.0 GHz	注 1	
4-5	電波天文 ^{注2}	22.21~22.5 GHz 23.6~24.0 GHz	+0.3 dB ^{注2}	

4-4	携帯電話 エントランス回線	22.4～22.6 GHz 23.0～23.2 GHz	+17.2 dB	新規導入の期限とする（時限的措置） 電波天文台付近での使用禁止エリアの設定
4-6	衛星間通信 (Forward link)	23.0～23.55 GHz	+5.3 dB	
4-7	CATV 番組中継	23.2～23.6 GHz	+1.0 dB	
4-8	地球探査衛星	23.6～24.0 GHz	-8.8 ^{注3} ～ +3.3 dB	
4-9	アマチュア無線	24.0～24.05 GHz	+1.0 dB	
4-10	各種レーダ	24.05～24.25 GHz	+4.0 dB	

注1 25.25～27GHz 帯における加入者系無線アクセスの検討の範囲内として共用可能

注2 普及率が0.1%によって得られる10dBの追加マージンによって合意

注3 東京都の中心部に2階建てを超えるビルが存在せず、渋滞によるレーダ稼働率低下も考慮されない非常に極端なシナリオを想定した場合（ビル遮蔽効果なし、レーダ稼働率50%）、マージンが-8.8dBとなるが、普及率が0.1%とした場合は、+1.2dBのプラスマージンとなる

表 4-1-2 24.25～29 GHz 帯の干渉検討結果要旨（普及率40%で検討）

章番号	検討対象の無線システム	周波数帯	マージン	共通の共用条件
4-11	空港面探知レーダ	24.25～24.75 GHz	+6.3 dB	加入者系無線アクセスシステムの検討結果より普及率が7% ^{注1} を超える2025年（普及予測より）から3年余裕をみた2022年に干渉緩和対策が必要
4-12	準ミリ波帯広帯域無線アクセス	24.75～25.25 GHz	-4.3 ^{注2} ～ +7.7 dB	
		27.0～27.5 GHz	-3.4 ^{注2} ～ +8.6 dB	
4-4	加入者系無線アクセスシステム	25.25～27.0 GHz	-6.9 ^{注2} ～ +9.8 dB	
4-6	衛星間通信 (Return link)	25.25～27.0 GHz	+3.1 dB	
4-13	固定衛星	対衛星	27.0～31.0 GHz	
		対地球局	27.5 GHz	+4.3 dB ^{注2}

注1 干渉緩和要素（レーダ稼働率、拡散損失、路上スプレー損失等）を考慮しない場合、加入者系無線アクセスシステムの加入者局の干渉検討結果は-6.9dBのマージンで許容普及率8.1%に相当

注2 暫定値（将来再検討予定）

4-1-3 UWB レーダシステムの周波数について

24GHz 帯 UWB レーダシステムに使用される周波数の22～24.25GHzについて、電波発射禁止帯である23.6～24GHzが含まれているが、2-2-2に示すとおり欧州では既に当該周波数帯を含むUWBレーダシステムが2013年7月までの時限措置（2013年7月以降はUWBレーダシステムの新規導入は行わず、2013年7月以前に導入済みのものは利用可能である）を設けて制度化されており、日本においても、当該周波数帯をUWBレーダシステムに利用したいというニーズがある。また、4-1-2に示すとおり、電波天文との共用検討結果において、普及率0.1%を超えない場合において、共用可能となったことから、普及率が0.1%に達すると予想される2016年末までの期間について、24GHz帯UWBレーダシステムの新規導入を可能とし、23.6～24GHzを含む22～24.25GHzの周波数をUWBレーダシステムに割り当てるのが適当である。

一方、26GHz帯UWBレーダシステムに使用される周波数の24.25～29GHzについて、周波数の利用に関する時限措置は設けず、2022年の干渉緩和対策の導入により他システムとの共用を図ることが適当である。

4-2 干渉検討の前提条件

4-2-1 利用する周波数帯

(1) 24GHz帯を含む暫定的利用（22～29GHz）

- ・ 時限的措置、利用地域の制限等の制約を含めて共用条件を検討。
- ・ 具体的な時限については、普及率等を勘案して検討。
- ・ 関連する電波天文台付近では、使用禁止エリアを設定する。
- ・ 仰角方向の放射制限を設定。（仰角 30 度以上の放射電力を最大許容値に対して-25dB 以下）

(2) 26GHz帯の長期的利用（24.25～29GHz）

- ・ 基本的に時限的措置、利用地域の制限等の制約のない共用条件を検討。

(3) 電力マスク

UWBレーダシステムの電力マスクについては、図4-2-1に示すとおり。

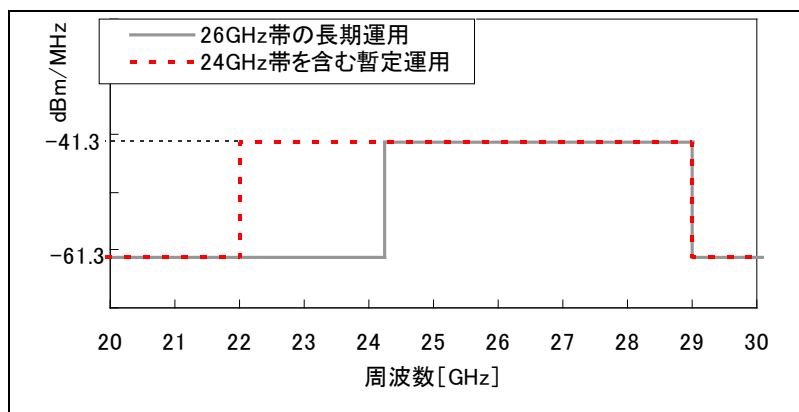


図 4-2-1 UWB レーダシステムの電力マスク

4-2-2 干渉検討で共通に使用する数値等

干渉検討で共通に使用する UWB レーダシステムの数値等を表 4-2-1 に示す。

表 4-2-1 干渉検討で共通に使用する数値等

EIRP		-41.3 dBm/MHz
バンパー損失		3dB
車両 1 台当たりのレーダ数		4 (ITU-R TG1/8 より)
レーダ設置高		0.5 m
普及率	26GHz帯UWBレーダシステム	40%で検討 (2030 年の予測値 : ITU-R TG1/8 より)
	24GHz帯UWBレーダシステム	1%で検討

4-3 放送衛星

UWB レーダシステムから放送衛星（21GHz 帯放送衛星受信機）への干渉検討を行った結果は、以下のとおりである。

4-3-1 被干渉側の前提条件等

表 4-3-1 に被干渉側の前提条件を示す。

表 4-3-1 被干渉側の前提条件

項目	条件	備考
伝搬モデル	受信機側近傍モデル	直接波を基本
受信アンテナ利得	39.4dBi（主ビーム） -5dBi(22.9 度-72 度)	
受信機雑音指数	2.5dB	受信機雑音温度：225.6 度 K
受信機帯域幅	300MHz	
アンテナパターン	ITU-R BO.1213	開口径 D 45cm
所要 I/N	-20 dB	$\Delta T/T = 1\%$

表 4-3-2 に UWB レーダシステムの前提条件を示す。

表 4-3-2 UWB レーダシステムの前提条件

項目	条件	備考
EIRP	-61.3dBm/MHz	帯域外
車両 1 台当りのレーダ数	4 個	
レーダ設置高	0.5 m	
バンパー損失	3dB	ECC Report-23 より
アンテナ垂直指向性損失	$2/3 \theta$ dB ($0 \text{ 度} < \theta < 40 \text{ 度}$) 26.6dB ($40 \text{ 度} < \theta$)	ITU-R Attachment 2 of Annex 5 to TG1/8 Chairman's Report

拡散損失、偏波損失、回折損失、降雨減衰の干渉緩和要素は考慮せず。

4-3-2 干渉検討結果

情報通信審議会 諮問第 2008 号一部答申「UWB（超広帯域）無線システムの技術的条件」のうち、「マイクロ波帯を用いた通信用途の UWB 無線システムの技術的条件」（平成 18 年 3 月 27 日）（以下、「マイクロ波帯 UWB 報告書」という。）に記載の I/N=-20dB で離隔距離を求める方式で実施した。

上記条件から最悪条件を求めると離隔距離 2.2m、 $\theta = 13$ 度となり、 $\Delta T/T = 1\%$ （干渉率 I/N=-20dB）でマージンに換算すると+8.9dB となる。

4-3-3 干渉評価

以上の干渉計算より共用可能との結論を得た。なお、将来 UWB レーダシステムが干渉源であると特定できた場合、関係者による対策を協議する場を設置することが必要である。

4-4 加入者系無線アクセスシステム／携帯電話エントランス回線

UWB レーダシステムから加入者系無線アクセスシステム（Fixed Wireless Access 以下、「FWA」という。）及び携帯電話エントランス回線への干渉検討を行った結果は、以下のとおりである。（詳細は参考資料 4-1 参照）

4-4-1 被干渉側の前提条件等

被干渉側の前提条件を表 4-4-1 に示す。FWA は基地局と加入者局に分けて検討し、携帯電話エントランス回線はアンテナ利得とアンテナ高の 4 通りの組合せ Model A～D を検討した。

表4-4-1 被干渉側の前提条件

	FWA		携帯電話エントランス回線			
	基地局	加入者局	Model A	Model B	Model C	Model D
周波数	22GHz/26GHz		23GHz			
アンテナ利得	6.5dBi	31dBi	46dBi	40dBi	40.1dBi	34.9dBi
アンテナ高	16m	5m	50m	20m	40m	
オフセット ^{注1}	0m	5m, 10m	0m			
干渉許容値 ^{注2}	-126.8dBm/MHz		-125.8dBm/MHz		-125.3dBm/MHz	

注 1 道路からの水平距離

注 2 $1/N = -20\text{dB}$

表 4-4-2 に UWB レーダシステムの前提条件を示す。

表4-4-2 UWBレーダシステムの前提条件

EIRP	-41.3dBm/MHz	レーダ設置高	0.5m
レーダ数 ^{注1}	レーダ 4個/車両1台	車両間隔	20m
干渉集積距離	3km	バンパー損失	3.0dB
降雨減衰 ^{注2}	5.0dB/km(26GHz)	4.2dB/km(23GHz)	
普及率	40%(長期案)	1%(暫定案)	

注 1 計算には車両前部レーダ 2 個を考慮

注 2 日本の最悪値として札幌の降雨量 37mm/h より算出

表 4-4-3 に FWA 加入者局との干渉検討に使用した干渉緩和要素を示す。

表4-4-3 干渉緩和要素等（FWA加入局の場合）

レーダ稼働率	0～ 3.0dB	ITU-RSM.1755 より（暫定値）
偏波面差 ^注	3.0dB	50%水平偏波、50%垂直偏波（暫定値）
拡散損失	0～ 7.0dB	ガードレール、電柱、樹木などによる減衰
路上スプレー減衰	0～ 2.0dB	前方車両の後輪が巻き上げる水しぶきによる減衰
モデル誤差等	-4.7～ 0.0dB	遮蔽モデル、チルト角近似誤差、オフセットの差異等
合計	-1.7～15.0dB	

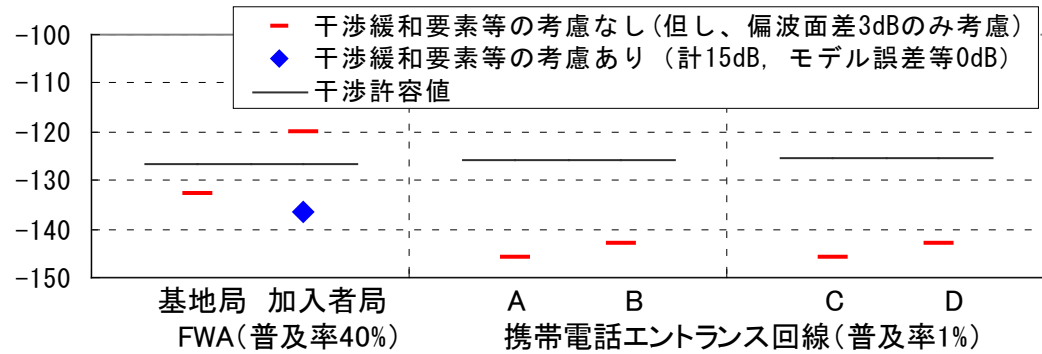
注 水平偏波または垂直偏波のどちらかに若干偏る懸念があるため将来普及が進んだ段階で状況確認要

4-4-2 干渉検討結果 (ITU-Rシミュレーションモデルを使用)

携帯電話エントランス回線との検討については、UWB レーダシステム普及率 1%以下を想定しているので A~D の全てのモデルでマージンを確保できる。

22GHz 帯 (22~22.4GHz 及び 22.6~23GHz) FWA の場合、普及率 1%以下を想定しているので検討を実施せず、普及率 40%を想定している 26GHz 帯 (25.25~27GHz) FWA のみの検討を実施した。

26GHz 帯 FWA の検討では、基地局はマージンを確保できるが、加入者局は表 4-4-3 に示す干渉緩和要素等を考慮しなければマージンを確保できない。



<マージン最悪値> FWA加入者局 : -6.9dB (許容普及率8.1%に相当)
 携帯電話エントランス回線モデルB : +17.2dB

図 4-4-1 複数個レーダによる干渉検討結果

4-4-3 干渉評価

3-2-2 の中長期の普及予測結果より、普及率が 7%を超えると予測される 2025 年から 3 年余裕をみた 2022 年に干渉緩和対策を導入するため、検討期間を考慮し、2018 年を目処に、干渉緩和対策について検討を行うことを前提とし、共用可能との結論を得た。

ただし、普及が急速に進んだ場合は必要に応じて前倒しすることとしている。

4-5 電波天文

UWB レーダシステムから電波天文業務への干渉検討を行った結果は、以下のとおりである。(詳細は参考資料 4-2 参照)

4-5-1 被干渉側の前提条件等

電波天文業務周波数及び干渉しきい値については、表 4-5-1 に示すとおりであり、干渉検討を行った日本国内の電波天文台については、表 4-5-2 に示すとおりである。

表4-5-1 電波天文業務周波数及び干渉しきい値 (Rec. ITU-R RA 769-2より)

周波数	スペクトル線観測 ^{注1}		連続波観測 ^{注2}	
	22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
帯域幅	250 kHz	250 kHz	290 MHz	400 MHz
干渉しきい値	210 dBW	210 dBW	195 dBW	195 dBW
	-174 dBm/MHz	-174 dBm/MHz	-189.6 dBm/MHz	-191 dBm/MHz

注1 スペクトル線観測：狭帯域（ナローバンド）を使用する観測

注2 連続波観測：広帯域（ブロードバンド）を使用する観測

表4-5-2 干渉検討を行った日本国内の電波天文台

天文台	都道府県	北緯 ^{注2}	東経 ^{注2}	標高	アンテナ		
					直径	標高 ^{注3}	
1 ^{注1}	野辺山	長野	35°56'40"	138°28'21"	1349 m	45 m	1396 m
2 ^{注1}	水沢	岩手	39°08'01"	141°07'57"	63 m	20 m	85 m
3 ^{注1}	入来	鹿児島	31°44'52"	130°26'24"	529 m	20 m	551 m
4 ^{注1}	小笠原	東京	27°05'31"	142°13'00"	211 m	20 m	233 m
5 ^{注1}	石垣島	沖縄	24°24'44"	124°10'16"	26 m	20 m	48 m
6	鹿島	茨城	35°57'21"	140°39'36"	27 m	34 m	61 m
7 ^{注1}	苫小牧	北海道	42°40'25"	141°35'48"	54 m	11 m	68 m
8	岐阜大学	岐阜	35°28'03"	136°44'14"	14 m	11 m	29 m
9 ^{注1}	鹿児島大学	鹿児島	31°27'51"	130°30'25"	58 m	6 m	65 m
10	国土地理院	茨城	36°06'11"	140°05'20"	27 m	32 m	62 m
11	臼田	長野	36°07'57"	138°21'46"	1456 m	64 m	1521 m
12	山口大学	山口	34°12'58"	131°33'26"	110 m	32 m	149 m
13 ^{注4}	日立局	茨城	36°41'51"	140°41'32"	54 m	32 m	96 m
14 ^{注4}	高萩局	茨城	36°41'54"	140°41'40"	51 m	32 m	93 m
15 ^{注4}	内之浦	鹿児島	31°15'16"	131°04'42"	320 m	32 m	362 m

注1 電波法第56条第1項の規定に基づく総務省告示に掲載

注2 世界測地系：WGS84

注3 最小仰角時のパラボラの上端の最高点

注4 新たに開局予定の3つの望遠鏡（2008年12月17日国立天文台より提示）

4-5-2 干渉検討結果

干渉検討の結果を表 4-5-3 に示す。

表4-5-3 複数個レーダによる干渉検討 (レーダ40個/km² = レーダ4個/車両 × 10車両/ km²)

		スペクトル線観測		連続波観測	
周波数		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
干渉しきい値		-174 dBm/MHz	-174 dBm/MHz	-189.6 dBm/MHz	-191 dBm/MHz
UWB レーダシステム 集合干渉電力 ^{注1}		-126.8 dBm/MHz	-127.4 dBm/MHz	-126.9 dBm/MHz	-127.4 dBm/MHz
必要な離隔		47.2 dB	46.6 dB	62.8 dB	63.6 dB
干渉 緩和 要素	レーダ稼働率	3.0 dB			
	バンパー損失	3.0 dB			
	拡散損失	7.0 dB			
	レーダアンテナ指向性	6.0 dB			
	普及率 1%	20.0 dB			
	離隔による損失 ^{注2}	24.9 dB	24.8 dB	24.8 dB	24.9 dB
	合計	63.9 dB	63.8 dB	63.8 dB	63.9 dB
マージン (苦小牧)		16.7 dB	17.2 dB	1.0 dB	0.3 dB

注1 30m~500km、自由空間

注2 苦小牧 17km の離隔半径

4-5-3 干渉評価

普及率 1%の計算で得られた離隔半径において、さらなる最悪ケースに対する懸念は完全に払拭できないものの、普及率が0.1%によって得られる 10dB の追加マージンによって共用可能との合意を得た。

表 4-5-4 に示す離隔半径の内側では、地図情報等を利用して UWB レーダシステムの電波を自動停止させることが適当である。そのため、車両の位置情報と電波天文台のエリア情報をもとに、UWB レーダシステムの電波を発射して差し支えないかどうかをナビゲーションシステム等において判定し、差し支えない場合は電波の発射を許可する信号を UWB レーダシステムに有線で送信することとし、UWB レーダシステムが当該信号を受信していない場合は、自動的に電波の発射を停止する機能を有することとし、当該機能については、UWB レーダシステム単体の無線設備の技術基準ではなく民間の規格による設計基準等にて実現することが適当である。

これらにより電波天文業務に影響を与えることなく運用できるよう制限することとする。

表4-5-4 各天文台の離隔半径とマージン

普及率		1.0% → 0.1%	
追加マージン		10dB	
		離隔半径	マージン
1	野辺山	8.0 km	23.7 dB
2	水沢	14.0 km	10.9 dB
3	入来	11.0 km	12.4 dB
4	小笠原	1.0 km	29.3 dB
5	石垣島	2.0 km	10.9 dB
6	鹿島	15.0 km	14.6 dB
7	苦小牧	17.0 km	10.3 dB
8	岐阜大学	13.0 km	10.9 dB
9	鹿児島大学	5.0 km	10.8 dB
10	国土地理院	20.0 km	11.6 dB
11	臼田	6.0 km	13.3 dB
12	山口大学	3.0 km	25.0 dB
13	日立局	20.0 km	10.9 dB

14	高萩局	20.0 km	10.9 dB
15	内之浦	20.0 km	10.9 dB
	マージン最悪値	苫小牧	10.3 dB

4-6 衛星間通信

UWB レーダシステムから衛星間通信への干渉検討を行った結果は、以下のとおりである。
(詳細は参考資料 4-3 参照)

4-6-1 被干渉側の前提条件等

ITU-R SA.1155 を参考として、静止衛星 DRTS-W (Data Relay Test Satellite)、陸域観測技術衛星 ALOS (Advanced Land Observing Satellite)、国際宇宙ステーション ISS(International Space Station、JEM) 及び 筑波衛星間通信校正局 DSS(Dummy Satellite Station、地上局)への UWB レーダの干渉検討を行った。衛星間通信の基本条件は表 4-6-1 に示すとおりであり、その他の前提条件は以下のとおりである。

表 4-6-1 衛星通信間の基本条件

項目	単位	リターンリンク	フォワードリンク		
			DSS	ALOS	ISS
周波数	GHz	26.0	23.0	23.0	23.0
高さ	km	36000		690	400
距離	km	36000	0.03~35	3042	2292
UWBレーダ	EIRP	dBm/MHz	-41.3	-41.3	-41.3
受信	アンテナゲイン	dBi	56.5	54.0	46.6
	相対ゲイン	dB	0.0	-56.0	0.0

- ・ DRTS-W : 26GHz 帯リターンリンクへの干渉検討。
- ・ ALOS、ISS(JEM) : 23GHz 帯フォワードリンクへ干渉検討
- ・ 校正局 DSS : 23GHz 帯フォワードリンクへの干渉検討、距離 30m - 35km を対象。
- ・ UWB レーダシステム基本条件 : 表 4-2-1 の数値を使用。
- ・ 伝搬モデル : 直接波、レーダボアサイトが衛星へ指向していると仮定。
- ・ 干渉緩和要素 : 拡散損失、偏波損失、回折損失、降雨減衰は含まず、大気減衰 0.3[dB] を考慮。
- ・ 交通量 : 衛星一登録車両 7900 万台を対象。筑波校正局一日本全土の平均密度を使用。