別紙２

情報通信審議会　情報通信技術分科会

陸上無線通信委員会 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

「433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリに係る技術的条件」

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
「433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリに係る技術的条件」

Ⅰ　検討事項 5

Ⅱ　委員会及び作業班の構成 5

Ⅲ　検討経過 5

Ⅳ　検討概要 7

第１章　検討の背景 7

１．１　検討の背景 7

第２章　TPMS/RKE の概要 9

２．１　タイヤ空気圧モニタリングシステム（TPMS） 9
２．１．１　TPMS の概要 9
２．１．２　TPMS の信号のやり取り 9
２．１．３　TPMS の国内外の導入状況 10
２．１．４　TPMS の普及予測 10
２．２　キーレスエントリシステム（RKE） 12
２．２．１　RKE の概要 12
２．２．２　RKE の信号のやり取り 12
２．２．３　RKE の国内外の導入状況 13
２．２．４　RKE の普及予測 13
２．３　433MHz 帯 TPMS/RKE の動向 15
２．３．１　諸外国における技術基準等 15
２．４　433MHz 帯の我が国における利用状況 17
２．４．１　433MHz 帯の周波数の分配状況 17
２．４．２　430MHz 帯のアマチュア業務の使用状況 17
２．４．３　国際輸送用タグシステムの使用状況 18

第３章　技術的条件に関する検討 20

３．１　共用検討における各システムの組合せ及び諸元 20
３．１．１　430MHz 帯の国内の割当て状況 20
３．１．２　アマチュア無線局の運用状況及び共用検討におけるシステムの組合せ ...20
３．１．３　共用検討における各システムの諸元等 21
３．１．４　共用検討モデル 24
３．２　アマチュア局との共用検討 26
３．２．１　共用検討の方針及び前提条件 26
３．２．２　433MHz 帯 TPMS/RKE とアマチュア局との共用検討の結果 26
３．２．３　実機試験の結果 34
３．２．４　共用検討結果に基づくアマチュア局との共存可能性についての考察 37
３．２．５　アマチュア局から TPMS/RKE への影響 39
３．２．６　アマチュア局との共用検討結果まとめ 39
３．３　国際輸送用タグシステムとの共用検討 40
３．３．１　433MHz 帯 TPMS/RKE と国際輸送用タグシステムとの共用検討の結果 40
３．３．２　国際輸送用アクティブタグシステムとの共用検討結果まとめ 40
３．４　その他 41

第４章　433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリの技術的条件 42

４．１　433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリの用途 42
４．２　433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリの技術的条件 42
４．２．１　一般的条件 42
４．２．２　無線設備の技術的条件 43
４．３　測定方法 44

別表１　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　構成員 48

別表２　情報通信審議会　情報通信技術分科会　陸上無線通信委員会　小電力システム作業班構成員 49

別表３　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　小電力システム作業班　433MHz 帯 TPMS・RKE システムアドホックグループ構成員 50

参考資料１　共用条件検討で使用した伝搬モデルについて 51

参考資料２　調査モデル１及び２における検討結果（シングルエントリシミュレーションの結果） 55

参考資料３　実機試験について 69

参考資料４　調査モデル３における検討結果（モンテカルロシミュレーションによ

る確率計算の結果） 83

参考資料５　アマチュア無線局の受信電圧（電力）に対する干渉波の離調周波数ごとの所要 D/U 比の測定について.....107

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、「433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリに係る技術的条件」について検討を行った。

Ⅱ　委員会及び作業班の構成

委員会の構成については、別表 1 のとおり。

なお、検討の促進を図るため、本委員会の下に小電力システム作業班及び 433MHz 帯 TPMS・RKE システムアドホックグループを設けて検討を行った。小電力システム作業班及び 433MHz 帯 TPMS・RKE システムアドホックグループの構成については、別表 2 及び 3 のとおり。

Ⅲ　検討経過

１　委員会

①　第 79 回（令和 5 年 5 月 11 日）

433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリの技術的条件の検討開始の報告を行った。

②　第 87 回（令和 6 年 9 月 5 日）

433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリに関する報告（案）の取り纏めを行った。

③　第 88 回（令和 6 年 10 月 24 日）

433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリに関する報告の取り纏めを行った。

２　作業班

①　第 17 回（令和 5 年 5 月 24 日）

433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリの技術的条件の検討開始の報告及びアドホックグループの設置について検討を行った。

②　第 18 回（令和 6 年 8 月 27 日）

433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリに関する報告（案）の取り纏めを行った。

３　アドホックグループ

① 第1回（令和5年7月13日）

433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリの概要及びアドホックグループの運営方針等について検討を行った。

② 第2回（令和5年12月20日）

433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリと既存業務との共用検討のためのシミュレーションの方法及び433MHz 帯 TPMS・RKE の最大普及予測についての検討を行った。

③ 第3回（令和6年3月1日）

共用検討に係るシミュレーション（速報版）の結果及び実機試験の実施方法等に関する検討を行った。

④ 第4回（令和6年7月16日）

共用検討に係る机上検討の結果、実機試験の結果、国際周波数協調に向けた要望等の検討を行った。

⑤ 第5回（令和6年7月22日）

433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリに関する技術的条件（案）及び報告骨子（案）の検討を行った。

⑥ 第6回（令和6年8月5日）

433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリに関する報告（案）の取り纏めを行った。

Ⅳ　検討概要

第１章　検討の背景

１．１　検討の背景

自動車業界では、従前から無線通信に関する様々な取組が行われており、近年では、EV やハイブリッド車の普及に伴い、NFC や Bluetooth、Wi-Fi などの利用も一般的になってきている。こうした無線通信を使用した機器の中でも、1980 年代に登場したリモートキーレスエントリシステム（RKE：Remote Keyless Entry system）は、現在では、ほとんどの乗用車で標準装備となっており、我が国における普及率は、ほぼ 100%に近い数字となっている。

また、RKE と類似の技術を使用したタイヤ空気圧モニタリングシステム（TPMS：Tire Pressure Monitoring System）も、安全性向上の観点から、多くの国で車両への搭載が義務化されている。我が国においても、具体的な義務化の動き等はないものの、将来的な装着台数の増加が見込まれている。

図 1.1-1　TPMS/RKE の概要

TPMS/RKE は、我が国においては 315MHz 帯の特定小電力無線局として制度が整備されており、スマートフォンとの連携やセキュリティ強化等の観点から Bluetooth や UWB などを使用した機器も使用されている。

一方、米国や EU、韓国など、日本を除く世界各国においては、我が国で使用されている 315MHz 帯ではなく、433MHz 帯を用いたシステム（433MHz 帯 TPMS/RKE）が主に使用されており、433MHz 帯は TPMS/RKE における世界標準周波数となっている。

TPMS/RKE の規制の詳細は国によって異なるものの、自動車産業においてはグローバル市場を前提とした生産体制や商品戦略が重要であることから、433MHz 帯を用いた同一仕様のモデルを全世界的に採用する動きが進んでおり、海外メーカを中心に、日本国内でも、既に諸外国で流通している 433MHz 帯 TPMS/RKE をそのまま使用したいという強いニーズが存在している。

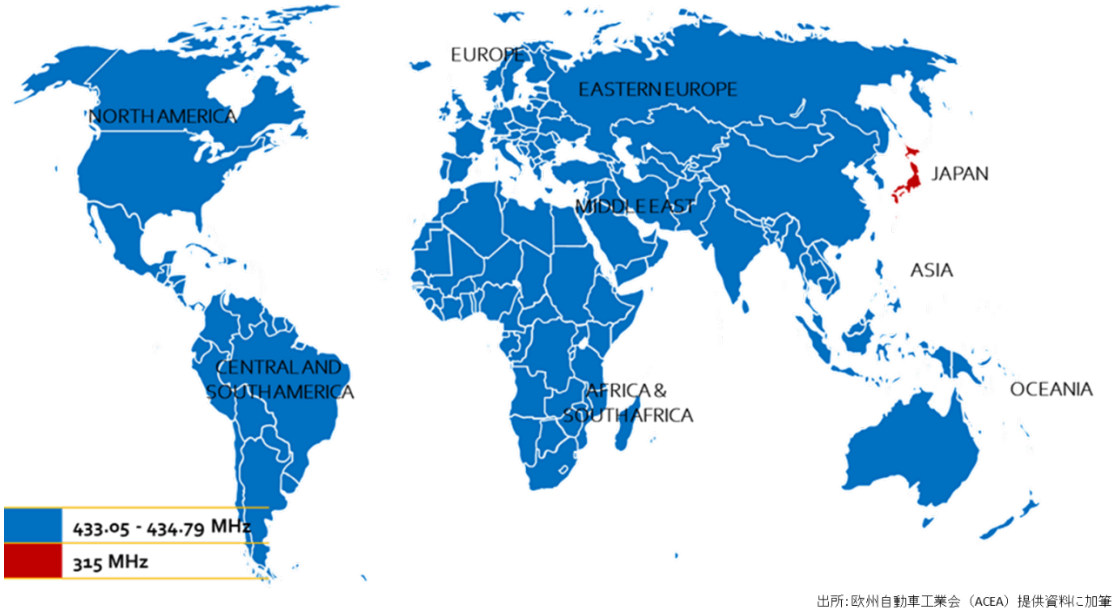


図 1.1-2　TPMS/RKE 向けの主な周波数帯の使用状況

在日米国商工会議所（ACCJ）による意見書「自動車に関する法令の見直しによる消費者の選択肢拡大」（2024 年 9 月まで有効）では、「米国および欧州と同様に、日本も 433.92MHz の自動車用短距離通信（SRVCS）向けの使用を認めるべきである。SRVCS にはキーレスエントリーやタイヤ空気圧モニタシステムも含まれる。（中略）

米国内においては少なくとも 1 億台の車両に 430MHz 帯を利用する SRVCS が搭載されているが、他局への干渉が報告された事例はなく、SRVCS の被干渉事例も報告されていない。これらの事実は、430MHz 帯において SRVCS とアマチュア無線との共存が可能であることを示している。ACCJ は引き続き日本政府に 433.92MHz の使用を自動車向けにも開放することを求めていく。」とされているなど、我が国の輸入車販売比率が自動車生産国の中で比較的低いことも相まって、433MHz 帯 TPMS/RKE の導入は、欧米の自動車生産国との間で解決に向けた取組が必要な課題のひとつとされている。

我が国においては、433MHz 帯は、一次的基礎でアマチュア業務に（一部の周波数帯に限り、二次的基礎で国際輸送用タグシステムにも）割り当てられており、433MHz 帯 TPMS/RKE の導入について検討する場合、既存のアマチュア局等との共用検討を行うことが不可欠となる。

本件検討では、国際的な周波数協調の観点から、433MHz 帯 TPMS/RKE に関する国際動向や既存のアマチュア局等の利用状況等を踏まえ、433MHz 帯 TPMS/RKE と既存の無線局との周波数共用に必要な技術的条件等について検討を行った。

第２章　TPMS/RKE の概要

２．１　タイヤ空気圧モニタリングシステム（TPMS）

２．１．１　TPMS の概要

タイヤ空気圧モニタリングシステム（TPMS）は、タイヤ空気圧低下による事故を未然に防止するため、タイヤバルブに取り付けられたセンサがタイヤの空気圧を常時モニタリングし、ドライバーに通知するシステムである。TPMS は、ホイール内に実装されたセンサ・送信機と車体側のレシーバとで構成され、タイヤに取り付けられたセンサは、一定の間隔毎に、極めて短時間の通信を行い、定期的なタイヤ空気圧の通知等を行うとともに、タイヤの空気圧が安全基準値を下回った場合には、ドライバーへの警告を行う。

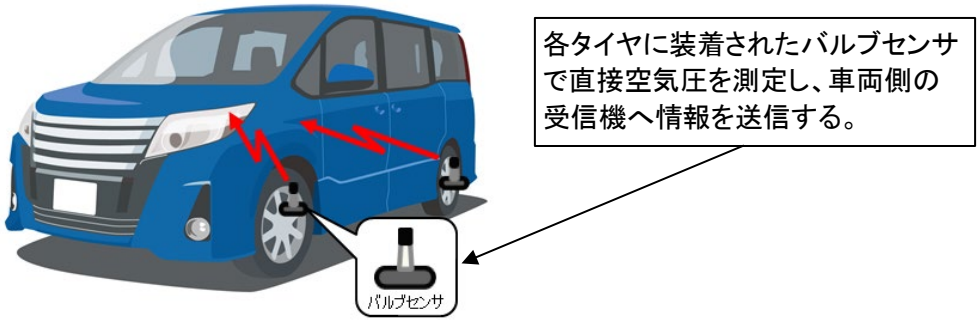


図 2.1.1-1　TPMS の装着図

２．１．２　TPMS の信号のやり取り

TPMS では、ホイール内に設置したセンサ・送信機から車体側レシーバに対する通信が行われる。ホイール内のセンサ・送信機は、電池で駆動しており、通常、使い捨てとなる。省電力化や長寿命化のため、信号の送信は極めて短時間に行われており、通信を行う送信状態（数ミリ秒～百ミリ秒程度）と休止状態（数十秒～数分程度）を自動的に繰り返す間欠通信となっている。

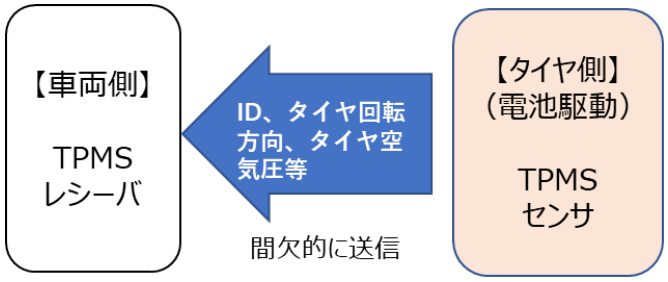


図 2.1.2-1　TPMS の通信

TPMS の通信時間や送信タイミングの設定はメーカや機器により異なるが、走行状態に応じていくつかの送信タイミングを自動的に変更する仕組みとなっており、一般的に、

大きく分けて、「駐車時[1]」、「走行開始時」、「走行時」と異常を検知した時の「緊急時」の 4 つの送信パターンが存在する。なお、タイヤに設置されたセンサ・送信機はそれぞれ個々に独立して動作し、各パターンへの移行も自動的に行われるため、ドライバーが任意に送信パターンの切替や送信間隔等の変更を行うことはできない。タイヤの空気圧に異常を検知した場合は、ドライバーへの警告を行う緊急時パターンに切り替わり、走行開始時と同程度の比較的短い間隔での送信が行われる。

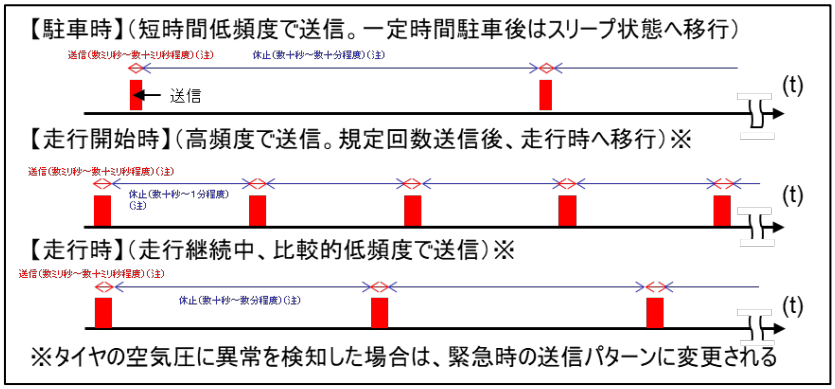


図 2.1.2-2　TPMS の送信パターンの例

また、各輪に装着されたセンサは非同期で送信しているため、これらの送信データが継続して干渉することを防止するため、一定の範囲内で送信間隔をランダムに変化するよう設定されている。

２．１．３　TPMS の国内外の導入状況

TPMS は、欧米や韓国、台湾、中国、ロシアなど、多くの国で乗用車や商用車等への装着が義務化されている。日本国内においては、ランフラットタイヤ[2]を使用する場合は TPMS の装着が必要とされているが、一方で、本報告作成時点において、車両への TPMS の装着義務化に向けた具体的な検討は行われていない。

２．１．４　TPMS の普及予測

TPMS は、上記のとおり、我が国では乗用車等への義務化は行われておらず、義務化に関連した具体的な検討も行われていない。国内の装着率は 2020 年時点で 2.2%[3]程度である。

また、TPMS は、国内では 315MHz 帯 TPMS 等が既に普及しており、新たに 433MHz 帯

[1] 一定時間タイヤが停止している状態が継続した場合、スリープモードに移行し送信を停止

[2] パンクなどによりタイヤの空気が抜けた状態でも一定距離を走行可能な構造を持つタイヤ

[3] （一社）日本自動車工業会「日本の自動車工業 2021」乗用車の車両安全装備装着状況（2020 年）タイヤ空気圧警報（p14）による

TPMS が使用可能となった場合でも、導入の可否や導入時期はメーカ各社の方針によるため、実現可能性の高い普及予測は示されていない。

このような状況では、定量的な干渉発生の時間率や場所率を求めることは困難であるが、TPMS と既存システムとの共用検討を行うための参考として、統計データ等に基づく普及予測を作成し、これを基にシステムの同時送信台数を算出した。

本普及予測の考え方は、以下のとおり。

- 自動車の登録台数は、2022 年と同程度の水準が今後も維持されると仮定。
- 新制度導入を 2025 年とし、2025 年以降の「新規輸入車全て」及び「国産新車のうち一定の割合」に 433MHz 帯 TPMS が装着されると想定。なお、将来的にはよりセキュリティの高いシステム等への移行が見込まれることから、制度導入から 18 年後（2043 年）に普及のピークが来ると想定。
- 「国産新車のうち一定の割合」については、新車における 2025 年の装着率を 2.5%[4]とし、その後、2043 年まで装着率が年 0.1%増で推移するとした上で、最も速いペースで導入が進むパターン（普及予測パターン 1：国産新車に装着される TPMS 全てが新システム）と比較的緩やかに導入が進むパターン（普及予測パターン 2：国産新車に装着される TPMS の 3 割が新システム）の 2 パターンを設定した。

上記想定に基づく試算の結果による 2043 年時点の国産車の累計導入台数は、普及予測パターン 1 で約 227 万台、普及予測パターン 2 で約 68 万台となる。国内の総保有台数に占める輸入車の割合は 5%程度（411 万台）であることから、2043 年の自動車全体の普及率を普及予測パターン 1 で約 7.8%、普及予測パターン 2 で約 5.8%と仮定した。

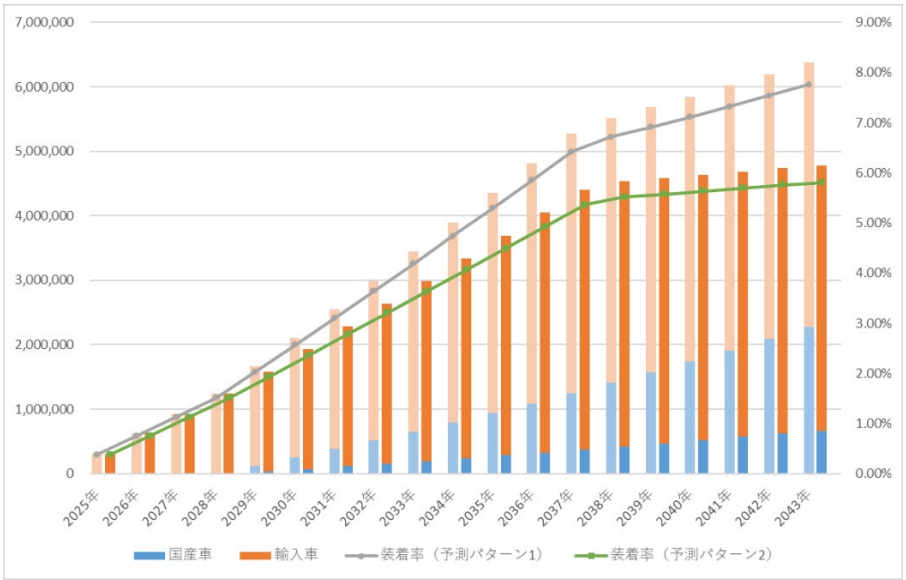


図 2.1.4-1　TPMS の普及台数（想定に基づく試算結果）

[4] 現在の 315MHz 帯特定小電力無線局は 2007 年（平成 19 年）3 月に導入されており、2018 年の乗用車のタイヤ空気圧警報システムの装着率は 2.1%、2020 年は 2.2%

２．２　キーレスエントリシステム（RKE）

２．２．１　RKE の概要

キーレスエントリシステム（RKE）は、電波により、鍵番号や固有の暗号情報を送り、車両側に搭載された受信機で認証することで、遠隔でドアの施錠・解錠やセキュリティシステムの解除等を行うシステムである。国内においては、主に利用者の利便性向上の点から、多くの車両に標準仕様として採用されており、装着率はほぼ 100%に近い数字となっている。RKE は、キーホルダーサイズの携帯機（リモコン）と車体側のレシーバとで構成され、利用者がリモコンを手動で操作（ボタン押下等）することで、極めて短時間の通信により、必要な情報の送信を行う。通常、RKE は利用者が操作したタイミング以外での自動的な通信は行わないが、一部には、利用者が自動車に近づくことにより、自動的に認証のための情報を送信するものも存在する。

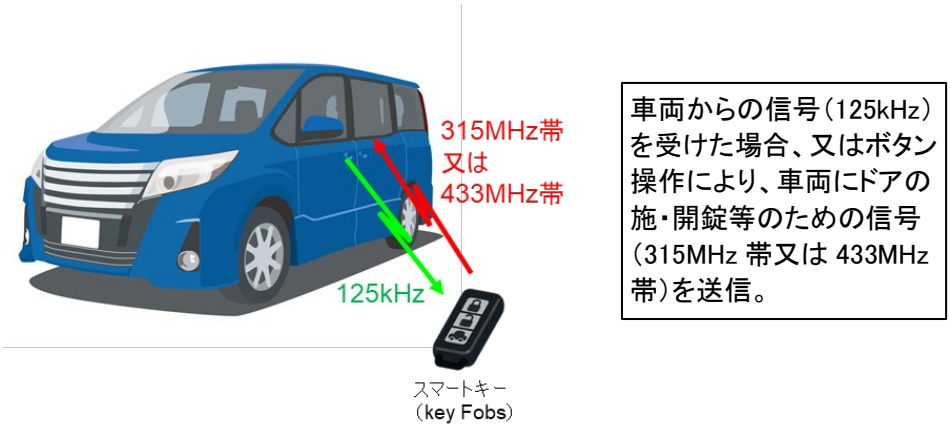


図 2.2.1-1　RKE の装着図

２．２．２　RKE の信号のやり取り

RKE ではリモコンと車体側レシーバとの間で通信が行われるが、一般的に、315MHz 帯や 433MHz 帯などの UHF 帯の電波は、リモコンから車体側レシーバへの通信にのみに用いられている。リモコンからの信号は、車両から要求信号（LF 帯）を受けた場合、又はリモコン操作によるタイミングで送信され、通信時間はメーカや機器により異なり、共通的な仕様は存在しない。リモコンは電池で駆動しており、省電力化や長寿命化のため、極めて短時間（数十ミリ秒～数百ミリ秒程度）の通信となっている。

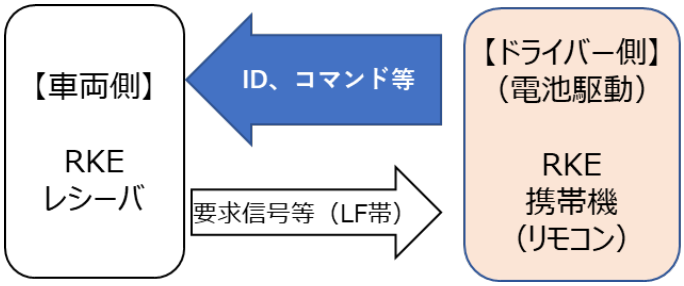


図 2.2.2-1　RKE の通信

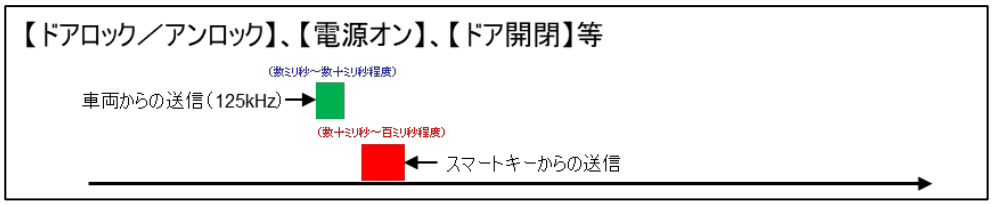


図 2.2.2-2　RKE の送信パターンの例

２．２．３　RKE の国内外の導入状況

RKE は、装着が義務化されている機器ではないが、利用者の利便性向上の点から、国内同様、他国においても多くの自動車において標準仕様となっており、装着率は総じて高い数字となっている。なお、国内における装着率はほぼ 100%に近く、諸外国と比べても高い水準となっている。

また、最近では、コネクテッドカーやカーシェアリングの普及等を受け、スマートフォンに搭載された NFC や Bluetooth などの通信機能を活用して、クラウド上で鍵情報を管理し、物理的な鍵を用いずに車の施錠・解錠を行うデジタルキーシステム等も登場しており、今後、更に多様化が進むことが予想される。

２．２．４　RKE の普及予測

RKE の国内における装着率は 100%に近い数字となっているが、国内では 315MHz 帯 RKE が既に普及しており、新たに 433MHz 帯 RKE が使用可能となった場合でも、導入の可否や導入時期はメーカ各社の方針によるため、実現可能性の高い普及予測は示されていない。

このような状況では、定量的な干渉発生の時間率や場所率を求めることは困難であるが、RKE と既存システムとの共用検討を行うための参考として、統計データ等に基づく普及予測を作成し、これを基にシステムの同時送信台数を算出した。

本普及予測の考え方は、以下のとおり。

- 自動車の登録台数は、2022 年と同程度の水準が今後も維持されると仮定。
- 新制度導入を 2025 年とし、2025 年以降の「新規輸入車全て」及び「国産新車のうち一定の割合」に 433MHz 帯 RKE が装着されると想定。なお、将来的にはよりセキュリティの高いシステム等への移行が見込まれることから、制度導入から 18 年後（2043 年）に普及のピークが来ると想定。
- 「国産新車のうち一定の割合」については、新車全てに RKE が装着されるものとし、最も速いペースで導入が進むパターン（普及予測パターン 1：国産新車に装着される RKE の 6 割が新システム）と比較的緩やかに導入が進むパターン（普及予測パターン 2：国産新車に装着される RKE の 3 割が新システム）の 2 パターンを設定した。

上記想定に基づく試算の結果による 2043 年時点の国産車の累計導入台数は、普及予測パターン 1 で 3780 万台、普及予測パターン 2 で 1890 万台となる。国内の総保有台数に占める輸入車の割合は 5%程度（411 万台）であることから、2043 年の自動車全体の普及率を普及予測パターン 1 で約 51%、普及予測パターン 2 で約 28%と仮定した。

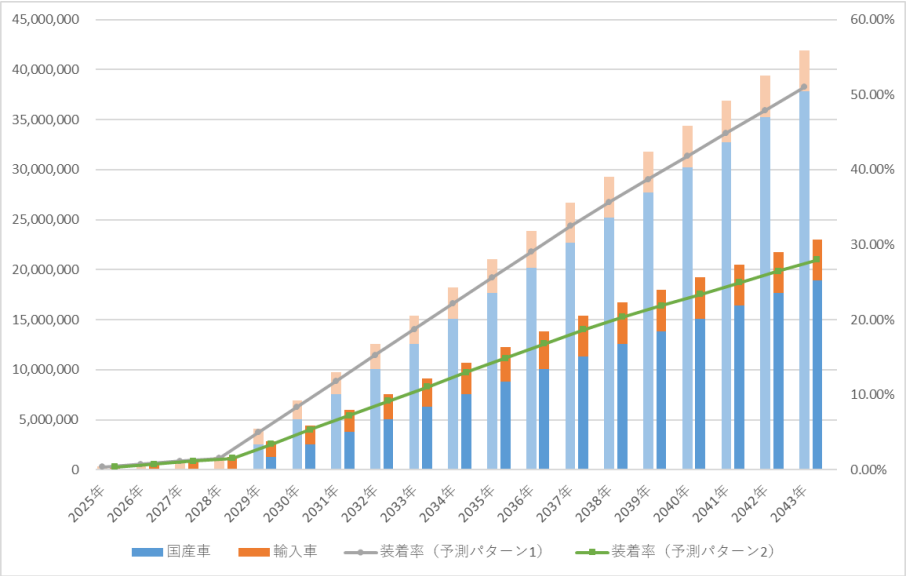


図 2.2.4-1　RKE の普及台数（想定に基づく試算結果）

２．３　433MHz 帯 TPMS/RKE の動向

２．３．１　諸外国における技術基準等

TPMS/RKE は、諸外国においては、同じ技術規格で規定されている場合が多い。主に利用者の利便性向上の点から普及が進んだ RKE とは異なり、走行時の安全確保の観点から導入された TPMS は、多くの国で乗用車や商用車への装着についての義務化も行われている。

【米国の状況】

米国において、TPMS/RKE で使用する無線設備は、連邦通信委員会（FCC）規則パート 15 に属する小電力無線機器とされている。これらの機器は、アマチュア無線に有害な干渉を与えないことが条件となっているが、米国内では特に訴訟に至るような問題は生じておらず、FCC によれば、米国内でアマチュア無線への干渉などの技術的な障害は確認されていない。

また、米国では、2000 年に起きたタイヤ空気圧の低下に起因する事故を契機に、北米で販売される全ての乗用車の TPMS 装着が義務化されている。TPMS/RKE の周波数は、主に 315MHz 帯と 433MHz 帯が使われてきたが、2012 年以降は 433MHz 帯の利用が中心となった。更に、EU における TPMS の義務化を受け、2014 年以降、315MHz 帯が使用できない欧州市場を考慮した周波数統一が進み、現在では、TPMS/RKE ともに、433MHz 帯が主流となっている。

【欧州の状況】

EU において、TPMS/RKE で使用する無線設備は、整合規格 EN 300 220「周波数範囲 25MHz から 1000MHz で動作する短距離デバイス（SRD)」で規定されている。また、個別の SRD 用途における詳細な技術的条件は、ERC 勧告 ERC/REC70-03 で規定されている。

欧州では軍事用途で 315MHz 帯の使用が制限されていたため、当初から 433MHz 帯の TPMS/RKE が主として使用されており、北米向け輸出も同周波数に統一されている。

【中国の状況】

中国において、TPMS/RKE で使用する無線設備は、「小電力（短距離）無線発射設備の目録と技術要求」等で規定されている。

中国では、315MHz 帯及び 433MHz 帯が TPMS/RKE に使用されており、データ通信に割当てられている 868MHz 帯も TPMS/RKE に使用可能となっている。

また、TPMS の装着義務化も行われており、M1 類車（乗用車）について、2020 年 1 月 1 日以降、生産される全ての新車への TPMS 装着が義務づけられている。

【韓国の状況】

韓国において、TPMS/RKE で使用する無線設備は、「申告せず開設することができる無線局用の無線設備の技術基準」によって規定されている。

韓国では、我が国同様、一次業務としてアマチュア無線が使用しており、韓国における433MHz帯TPMS/RKEは、2005年に韓国アマチュア無線連盟（KARL）が参加して行われた相互干渉試験の結果等を受けて導入された。なお、433MHz帯は、RFID/USN用として国際物流コンテナの内容物の識別にも使用されている。

韓国では、TPMS の装着義務化も行われており、2015 年以降、出荷されるすべての新車はTPMS装着の義務対象となっている。

表 2.3.1-1　TPMS/RKEに関連する433MHz帯小電力システムの諸外国の規格

	米国 （FCC CFR47 Part15）		欧州（CEPT） （CEPT/ERC 70-03）	中国 （小電力（短距離）無線発射設備の目録と技術要求）	韓国 （申告せず開設することができる無線局の無線設備の技術基準）
周波数帯	260-470 MHz		433.05-434.79 MHz	433.05-434.79 MHz	433.795-434.045 MHz
必要周波数帯域幅	中心周波数の0.25%（-20dB幅） ※433.92MHzの場合：1084.8kHz		規定なし	400kHz以下	上記周波数帯域内
電波の強さ（上限）	3750-12500 μV/m@3m（時間平均値（最大20dBup可：100mS基準）） ※線形補間	1500-5000 μV/m@3m（時間平均値（最大20dBup可：100mS基準）） ※線形補間	10mW（ERP）	10mW（ERP）	3mW（ERP）
不要発射	375-1250μV/m @3m（20dBdown） ※線形補間	150-500μV/m @3m（20dBdown） ※線形補間	250nW以下（1GHz以下）、 1μW以下（1GHz超）	-36dBm/100kHz以下（1GHz以下）、 -30dBm/ 1MHz以下（1GHz超）	-36dBm /100kHz以下（1GHz以下） -30dBm/1MHz以下（1GHz超）
周波数の偏差	基本周波数を許可帯域の中央の80%以内に保持することを推奨		－	－	$\pm 100 \times 10^{-6}$以下
送信時間制限	手動送信機：スイッチリリース後5秒以内に停止。 自動送信機：発射後5秒以内に自動停止。 周期的運用は認められないが、保安・安全用の監視等のための通信は認められる（1時間当たりの送信時間の合計が2秒を超えないもの）。（警報状態中はこの限りでない。）	1秒以下、かつ、休止時間が送信時間の30倍以上（最低10秒以上）を自動的に制御。	デューティーサイクル10%	自動制御装置で周期的に動作する場合：電波発射は、1秒を超えず、2回の間隔の時間が60分以上。 非周期的に動作する場合：電波発射は5秒を超えず、2回の間隔の時間が60分以上。	手動送信：自動車の駐車装置は、電波混信が発生した場合、駐車装置が停止する機能を備えること 自動送信：連続送信時間は0.3秒以内、最小休止時間は0.01秒以上。規則的な最長周期（T）の間の信号送信時間の合計をTで割った値が1%以下（緊急事態モードでは例外とすることができる。）
受信機の副次発射	2nW以下		－	－	－
アンテナ分離	一体型		－	－	一体型（アンテナ、電源装置、制御装置を除く）
その他			他の無線サービスに有害な干渉を及ぼしてはならず、また、他の無線サービスによる干渉に対し保護を受ける権利を有しない		

２．４　433MHz 帯の我が国における利用状況

２．４．１　433MHz 帯の周波数の分配状況

無線通信規則（RR：Radio Regulations）における 433MHz 帯付近の周波数の国際的な分配の状況は、以下のとおりである。（下線は二次的基礎で分配）

表 2.4.1-1　433MHz 帯近傍の国際周波数分配

第一地域 （欧州及びアフリカ）	第二地域 （北中南米）	第三地域 （アジア・オセアニア）
432-438MHz アマチュア業務 無線標定業務 <u>地球探査衛星（能動）業務</u>	432-438MHz 無線標定業務 <u>アマチュア業務</u> <u>地球探査衛星（能動）業務</u>	

また、第一地域においては、433.05～434.79MHz（中心周波数　433.92MHz）は、産業科学医療用（ISM）にも分配されている。

なお、我が国の周波数割当計画では、432～438MHz は、一次的基礎でアマチュア業務に、二次的基礎で移動業務（国際輸送用データ伝送用）、無線標定業務及び地球探査衛星（能動）業務に分配されている。

２．４．２　430MHz 帯のアマチュア業務の使用状況

２．４．２．１　430MHz 帯におけるアマチュア業務の周波数利用

430MHz 帯におけるアマチュア業務での周波数の使用区分は、次のとおり。

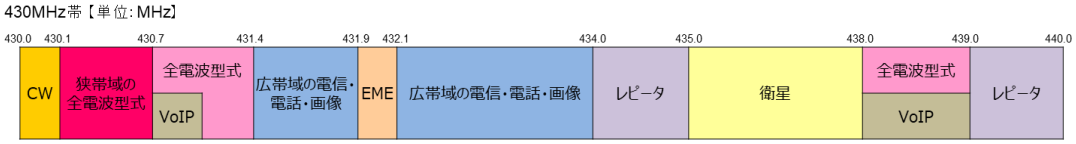


図 2.4.2.1-1　430MHz 帯におけるアマチュア業務での周波数の使用区分

この周波数帯については、FM による直接通信（固定した局間、固定した局と移動する局との通信、移動する局間の通信）や中継をする局（レピータ）を介した通信、月面反射通信、デジタル変調技術を使用した通信等に使われている。

２．４．２．２　430MHz 帯の周波数が使用可能なアマチュア局の数

前項に記載のとおり、430MHz 帯は、FM による近距離の直接通信やレピータを介した音声通話用として、初心者を含めた幅広い層が利用しており、レピータについては、広域的な活動や非常時の社会貢献活動などにも利用され、災害時の非常通信などでも重要な役割を果たしている。

アマチュア局全体の数の推移は図 2.4.2.2-1 のとおりであり、平成 6 年度

（1,364,316 局）をピークに減少が続いている。

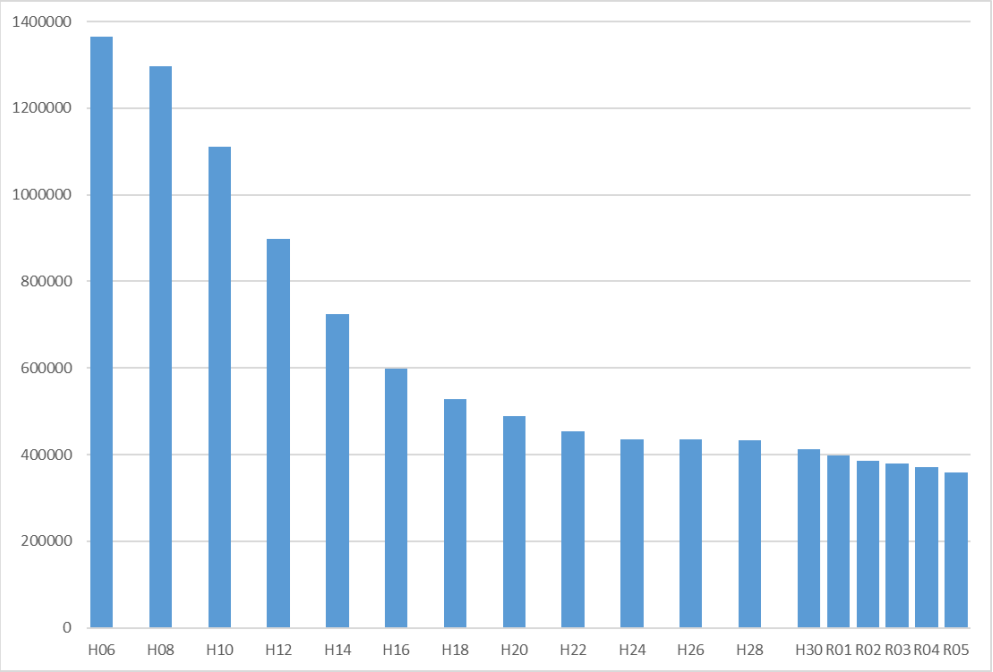


図 2.4.2.2-1　アマチュア局の数の推移

２．４．３　国際輸送用タグシステムの使用状況

２．４．３．１　国際輸送用タグシステムの使用状況

国際輸送用タグシステムは、アクティブタグと、アクティブタグに対し始動のための信号や制御のための信号を与える制御装置（インテロゲータ）で構成されており、433MHz 帯国際輸送用タグシステムは、国際物流分野におけるセキュリティ向上やサプライチェーンマネジメントの効率向上等の目的で、海上輸送コンテナ等に取り付けるといった用途で使用されている。

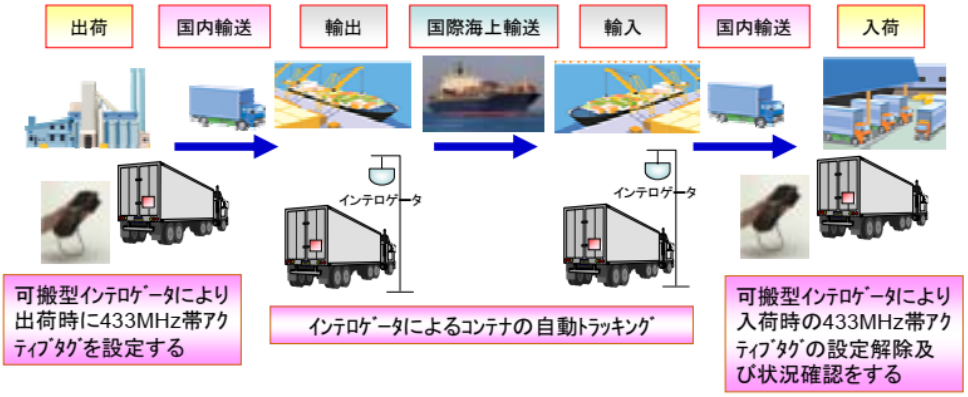


図 2.4.3.1-1　433MHz 帯国際輸送用タグシステムの利用シーン

２．４．３．２　433MHz 帯国際輸送用タグシステムの証明台数

国内では 433MHz 帯を使用する国際輸送用タグシステムは、平成 18 年の制度化以降、平成 22 年までに計 582 台が証明を受け稼働中である一方で、使用可能なエリアが港湾などに限定されていることやアクティブタグよりもパッシブタグの市場規模の方が大きいこと等の理由から、平成 23 年以降は証明台数が 0 台の状況が続いている。

表 2.4.3.2-1　特定小電力無線局の機器の証明台数
（国際輸送用データ伝送設備、国際輸送用データ制御設備）
（433.67MHz を超え 434.17MHz 以下）

	技術基準適合証明	工事設計認証	台数（年度合計）
平成 18 年度	0	220	220
平成 19 年度	30	205	235
平成 20 年度	0	0	0
平成 21 年度	0	0	0
平成 22 年度	0	127	127
平成 23 年度	0	0	0
平成 24 年度	0	0	0
平成 25 年度	0	0	0
平成 26 年度	0	0	0
平成 27 年度	0	0	0
平成 28 年度	0	0	0
平成 29 年度	0	0	0
平成 30 年度	0	0	0
令和元年度	0	0	0
令和 2 年度	0	0	0
令和 3 年度	0	0	0
合計			582

（電波の利用状況調査の調査結果より）

第３章　技術的条件に関する検討

第１章及び第２章で述べたとおり、TPMS/RKE については、433MHz 帯が世界標準周波数となっている一方で、我が国においては 433MHz 帯の使用が認められていないことから、433MHz 帯 TPMS/RKE の導入は、欧米の自動車生産国との間で解決に向けた取組が必要な課題のひとつとされている。

我が国において、433MHz 帯 TPMS/RKE の導入を検討するためには、当該周波数帯を使用しているアマチュア局及び国際輸送用タグシステムとの共用について検討することが必要であることから、433MHz 帯 TPMS/RKE と既存システムとの周波数共用に関する検討を行った。

３．１　共用検討における各システムの組合せ及び諸元

３．１．１　430MHz 帯の国内の割当て状況

433MHz 付近の我が国の周波数割当て状況は、図 3.1.1-1 のとおり。

我が国において、430MHz 帯はアマチュア業務及び国際輸送用タグシステムが使用している周波数帯となっている。

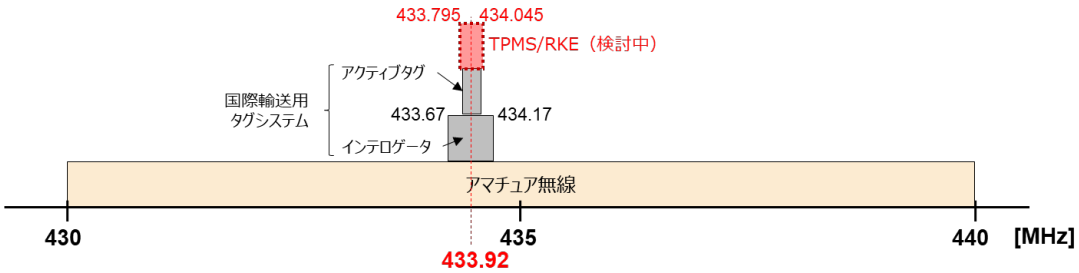


図 3.1.1-1　430MHz 帯の周波数割当て状況

３．１．２　アマチュア無線局の運用状況及び共用検討におけるシステムの組合せ

アマチュア無線局の運用状況は図 3.1.2-1 のとおりであり、共用検討は表 3.1.2-1 のそれぞれの組み合わせに対して行った。

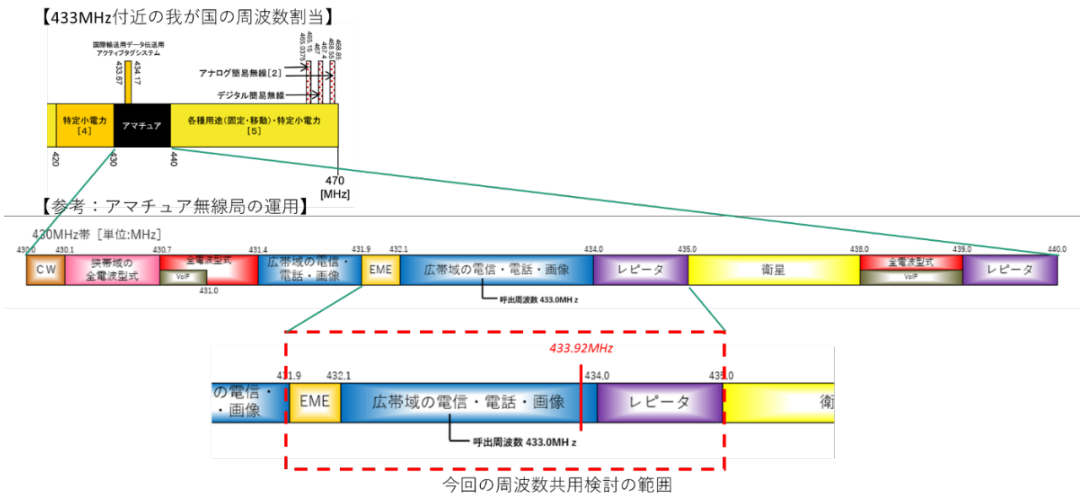


図 3.1.2-1　433MHz 付近の周波数割当て及びアマチュア無線局の運用状況

表 3.1.2-1　共用検討を行うシステムの組合せ

被干渉側＼与干渉側		アマチュア局				国際輸送用タグシステム	TPMS	RKE
		月面反射（EME）（パラボラ）	固定運用（八木）	固定運用（リピータ）	移動運用（携帯・車載）			
アマチュア局	月面反射（EME）（パラボラ）					実施済	○	○
	固定運用（八木）					実施済	○	○
	固定運用（レピータ）					実施済	○	○
	移動運用（携帯・車載）					実施済	○	○
国際輸送用タグシステム		実施済	実施済	実施済	実施済		△	△
TPMS		検討しない	△	△	△	△		
RKE		検討しない	○	○	○	△		

○：机上検討、実機試験を実施　　△：机上検討のみ実施

３．１．３　共用検討における各システムの諸元等

2.3 項のとおり、433MHz 帯 TPMS/RKE の技術基準は国により異なるが、特に欧米においては、TPMS/RKE 以外の用途も想定し、我が国の国際輸送用タグシステムよりも大きな電力、広い周波数帯幅で技術基準が策定されている。

一方で、我が国においては、アマチュア局の運用を阻害するような混信を与える可能性を低減させる必要があることから、本件検討に当たっては、実機サンプルの事前測定結果や国際的な技術基準との整合性等も考慮し、既存の国際輸送用タグシステム（アクティブタグ）の技術的条件を参考に、共用検討に用いるための 433MHz 帯 TPMS/RKE の諸元を設定した。

なお、占有周波数帯幅については、当初、国際輸送用タグシステム（アクティブタグ）と同じ 200kHz 幅で検討を開始したが、全世界的な機器仕様の共通化への対応や国際的な技術基準との整合の必要等を考慮し、250kHz 幅として検討を行った。

表 3.1.3-1　共用検討のための 433MHz 帯 TPMS/RKE の諸元

	433MHz 帯 TPMS/RKE の諸元（共用検討用）
電波の型式	指定しない（F1D、A1D を想定）
変調方式	指定しない（F1D、A1D を想定）
周波数	433.92MHz
占有周波数帯幅	250kHz（433.795-434.045MHz）
空中線電力（EIRP）	1mW
空中線特性	無指向性
シミュレーションを行う地上高	RKE:　1.5m TPMS:　1.5m（但し、タイヤ外周距離に依るので、必要に応じて 0.2m から評価）
その他損失	RKE:　人体吸収損　8dB TPMS:　タイヤ外装損　2dB、自動車ボディー損　10dB
許容干渉電力	RKE:　-113dBm、 TPMS: -116dBm（最悪値）

表 3.1.3-2　共用検討のためのアマチュア無線の一般的諸元

運用形態	固定運用		移動運用		固定運用（レピータ）	
			車載	ハンディ		
主な用途	EME	広域の電信・電話・画像			レピータ	
アンテナタイプ	パラボラ	八木	ホイップ		ホイップ	コリニアアンテナ
空中線利得	30dBi	18dBi	5dBi		5dBi	12dBi
許容干渉電力	-127dBm/20kHz（-110dBm/MHz を 20kHz に換算）					
空中線高	10m		1.5m	1.5m	20m	
送信電力	50W 以下 （100mW 程度の携帯型機から 50W の固定型機や車載機まで。ただし、月面反射通信を行う局では 500W 以下）					

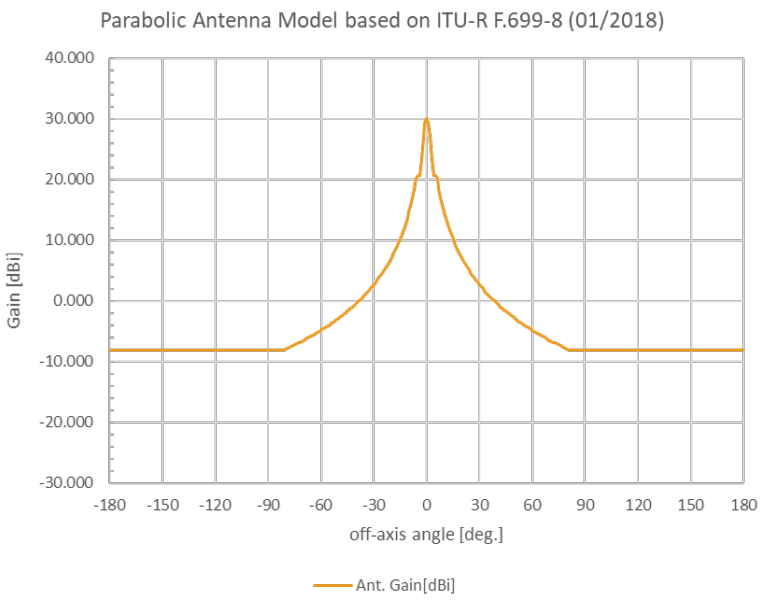


図 3.1.3-1　パラボラアンテナのアンテナモデル（Gain: 30dBi）

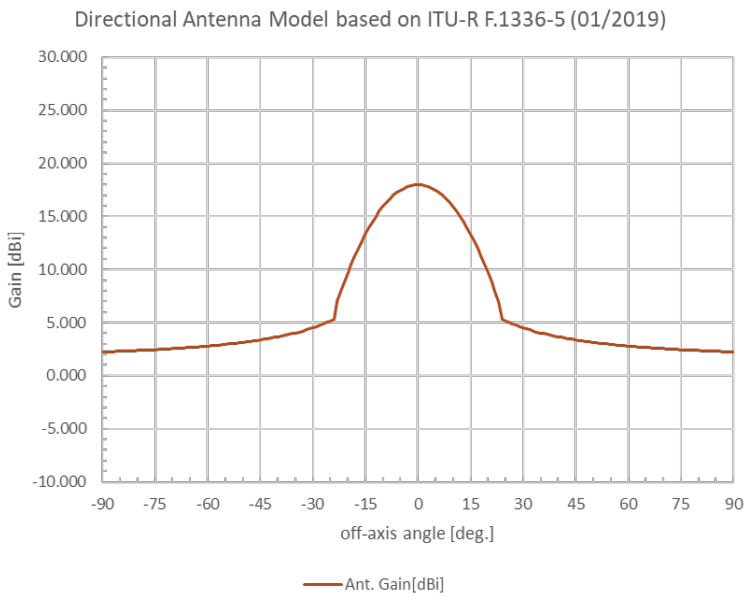


図 3.1.3-2　八木アンテナのアンテナモデル（15 エレ）
（Gain: 18dBi, HPBA: 24deg）

表 3.1.3-3　共用検討のための国際輸送用タグシステムの諸元

	国際輸送用データ伝送システム（アクティブタグ）	国際輸送用データ制御装置（インテロゲータ）
電波の型式	指定しない	
変調方式	指定しない	
周波数（指定周波数帯）	433.92MHz（433.67～434.17MHz）	
周波数偏差	4ppm 以下又は指定周波数帯による	

占有周波数帯幅	200kHz 以下	500kHz 以下
空中線電力（EIRP）	1mW 以下	400μW 以下、 始動信号は 100μW 以下
空中線電力の許容偏差	+20%以下	
不要発射の強度の許容値（EIRP）	1GHz 以下（433.67～434.17MHz を除く）：250nW/100kHz 1GHz 超：1μW/MHz	
送信時間制限	送信時間 1 秒以内 （1 時間当たり 360 秒以内）かつ送信休止時間 1 ミリ秒以上	
	―	始動信号：2.7 秒以内、1 時間当たり 1440 秒以下
シミュレーションを行う地上高	2.0m	2～50m
許容干渉電力	-65dBm	

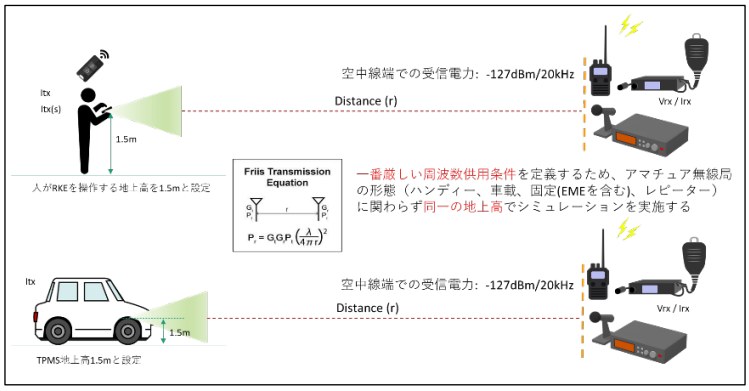
３．１．４　共用検討モデル

共用検討については、表 3.1.2-1 の組合せで検討を実施し、共存の可能性を検討した。

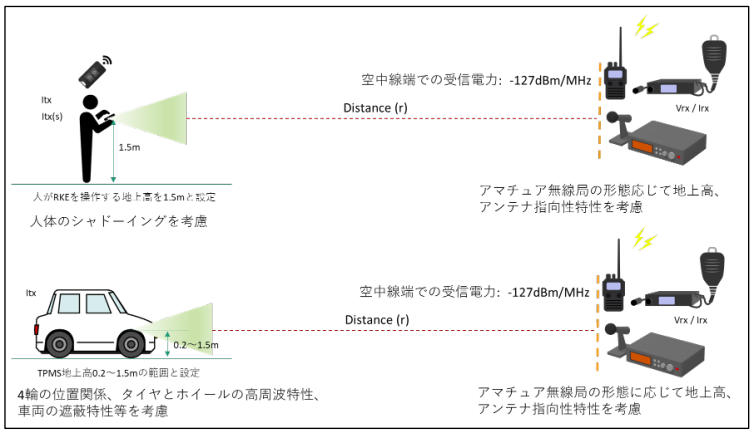
TPMS/RKE からアマチュア局への干渉については、１対１対向モデル（調査モデル 1）、アンテナ高低差等を考慮したより現実的なモデル（調査モデル 2）で検討を実施し、調査モデル 1 又は 2 で共存の判断ができない場合に、調査モデル３として、確率的な評価（モンテカルロシミュレーション）を実施した。

TPMS/RKE と国際輸送用タグシステム、アマチュア局から TPMS/RKE への干渉については、１対１対向モデルで検討を実施した。

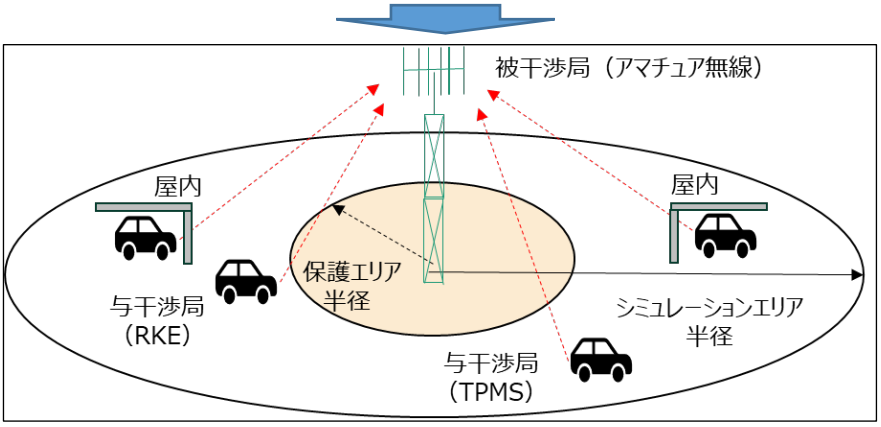
各調査モデルの概要を図 3.1.4-1 から図 3.1.4-4 までに示す。



１対１対向モデル（調査モデル１）



アンテナ高低差等を考慮したモデル（調査モデル２）



モンテカルロシミュレーション（確率計算）（調査モデル３）

図 3.1.4-1　検討を実施した各調査モデル（TPMS/RKE からアマチュア局の検討の場合）

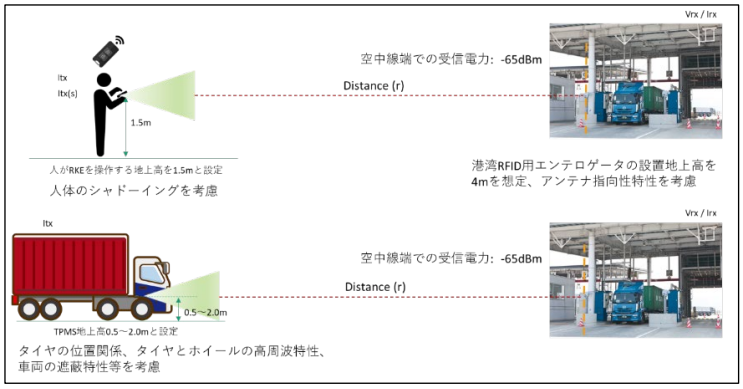


図 3.1.4-2　検討を実施した調査モデル
（TPMS/RKE から国際輸送用タグシステムの検討の場合）

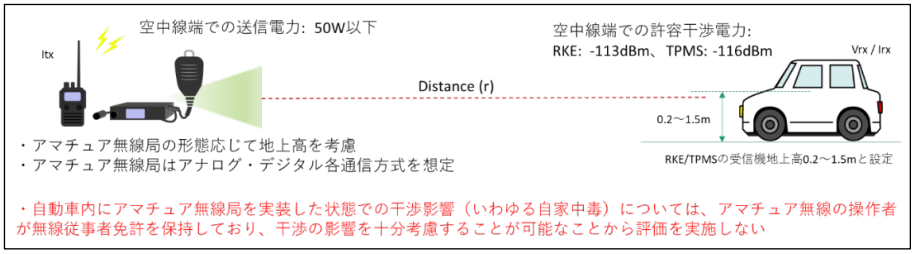


図 3.1.4-3　検討を実施した調査モデル
（アマチュア局から TPMS/RKE の検討の場合）

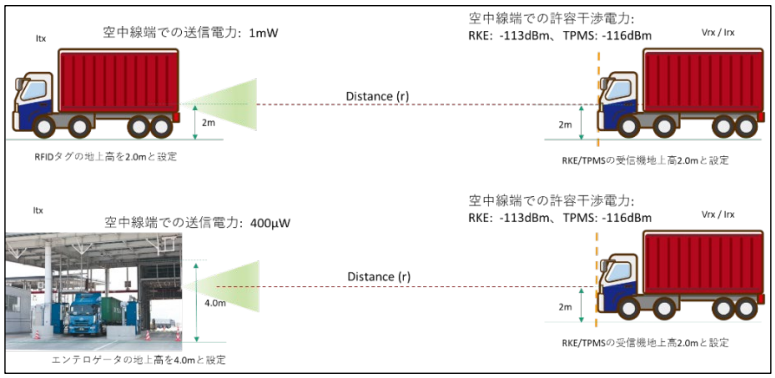


図 3.1.4-4　検討を実施した調査モデル
（国際輸送用タグシステムから TPMS/RKE の検討の場合）

３．２　アマチュア局との共用検討

３．２．１　共用検討の方針及び前提条件

433MHz 帯 TPMS/RKE とアマチュア局との共用検討を行うに際しては、アマチュア局の 433MHz 近傍の使用状況を考慮し、アマチュア無線の運用形態ごとに検討を行った。

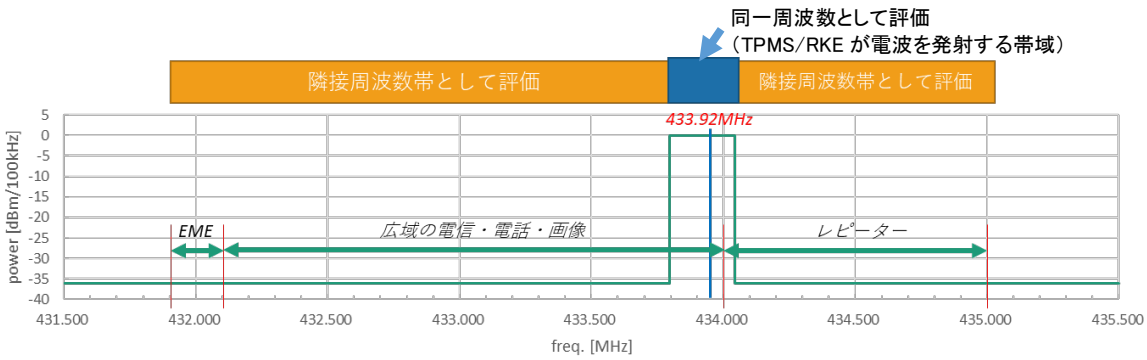


図 3.2.1-1　アマチュア無線の用途と同一・隣接周波数帯の関係

３．２．２　433MHz 帯 TPMS/RKE とアマチュア局との共用検討の結果

アマチュア局への共用検討組合せは表 3.2.2-1 のとおり。

TPMS/RKE は、自動車に装着して使用されるため、自動車の交通量や保有台数の多い都市部における使用が多いことが想定されることから、調査モデル 1 においては、電

波伝搬モデルとして自由空間伝搬を用いて、調査モデル 2 においては、自由空間伝搬に加え、より実環境に近い伝搬特性となる経験式（拡張秦式モデル（市街地モデル））を用いて、送信電力レベル（EIRP）を、技術基準の上限値である 1mW（0dBm）と機器の実力値を考慮した 0.1mW（-10dBm）とした 2 種類のシミュレーションを行った。調査モデル 3 においては、SEAMCAT[5]に実装されている拡張秦式モデル（市街地モデル）でシミュレーションを行った。

表 3.2.2-1　共用検討組合せ

与干渉局	被干渉局	想定される周波数の利用状況	与干渉局の送信 EIRP
TPMS/RKE	月面反射 （パラボラ）	同一又は隣接での周波数利用を想定 （同一周波数利用における被干渉許容値：-127dBm/20kHz 隣接周波数利用における被干渉許容値：-43dBm/20kHz ※調査モデル 3 においては、パラボラのみ、-65dBm/20kHz）	1mW（0dBm/20kHz） 又は 0.1mW （-10dBm/20kHz）
	固定運用 （八木）		
	固定運用 （レピータ）		
	移動運用 （携帯・車載）		

調査モデル 1 における TPMS/RKE とアマチュア局との共用検討結果は、表 3.2.2-2 のとおり（詳細については、参考資料 2 を参照）。なお、調査モデル 1 では、電波伝搬モデルとして自由空間伝搬を用いており、TPMS と RKE の仕様に違いはないため、同じ結果となっている。

[5] SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool)は、ITU-R が作成した報告 ITU-R SM.2028 で示されるモンテカルロシミュレーションに基づく干渉評価ソフトウェアであり、無線システム間の干渉評価に多く用いられている。

表 3.2.2-2　TPMS/RKE とアマチュア局との共用検討結果（調査モデル 1）

被干渉局	被干渉許容値	利用状況	与干渉局の送信 EIRP	所要離隔距離(注1)
月面反射（パラボラ）	-127dBm/20kHz	同一	0dBm(1mW)	100km 以上
			-10dBm(0.1mW)	100km 以上
		隣接	-43dBm/20kHz	27,530m
固定運用（八木）	-127dBm/20kHz	同一	0dBm(1mW)	977,500m
			-10dBm(0.1mW)	309,000m
		隣接	-43dBm/20kHz	6,310m
固定運用(注2)(注3)（レピータ） 移動運用(注3)（携帯・車載）	-127dBm/20kHz	同一	0dBm(1mW)	219,000m
			-10dBm(0.1mW)	69,200m
		隣接	-43dBm/20kHz	1,547m

注 1：送信 EIRP は 20kHz あたりの電力に換算していないため、最悪値における評価となっている。
注 2：レピータは、ホイップアンテナを使用した場合を想定。
注 3：アンテナ高さ等を考慮していないため、固定運用（レピータ）と移動運用（携帯・車載）は同じ結果となっている。

調査モデル 2 における TPMS/RKE とアマチュア局との共用検討結果は、表 3.2.2-3 のとおり（詳細については、参考資料 2 を参照）。

なお、調査モデル 2 では、電波伝搬モデルとして、自由空間伝搬に加え、より実環境に近い伝搬特性となる経験式（拡張秦式モデル（市街地モデル））を用いたシミュレーションも行ったが、TPMS と RKE は同じ技術基準としていることから、拡張秦モデルを用いたシミュレーションは、干渉影響がより大きくなることが想定される RKE とアマチュア局の組合せに対してのみ実施した。

表 3.2.2-3　RKE とアマチュア局との共用検討結果（調査モデル 2）

与干渉局	被干渉局	被干渉許容値	与干渉局の送信 EIRP(注 1)	利用状況	伝搬モデル	所要離隔距離(注 1)
TPMS	月面反射（パラボラ）	-127dBm/20kHz	0dBm(1mW)	同一	自由空間	100km 以上
			-10dBm(0.1mW)		自由空間	100km 以上
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	6,910m
	固定運用（八木）	-127dBm/20kHz	0dBm(1mW)	同一	自由空間	100km 以上
			-10dBm(0.1mW)		自由空間	77,650m
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	1,735.5m
	固定運用（レピータ）	-127dBm/20kHz	0dBm(1mW)	同一	自由空間	55,000m
			-10dBm(0.1mW)		自由空間	17,380m
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	399m
	移動運用（携帯・車載）	-127dBm/20kHz	0dBm(1mW)	同一	自由空間	55,000m
			-10dBm(0.1mW)		自由空間	17,380m
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	399m
RKE	月面反射（パラボラ）	-127dBm/20kHz	0dBm(1mW)	同一	自由空間	100km 以上
					拡張秦(市街地)	1,340.5m
			-10dBm(0.1mW)		自由空間	100km 以上
					拡張秦(市街地)	792m

			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	10,950m
					拡張秦(市街地)	139.3m
			-65dBm/20kHz		拡張秦(市街地)	100m 未満
	固定運用（八木）	-127dBm/20kHz	0dBm(1mW)	同一	自由空間	100km 以上
					拡張秦(市街地)	712.8m
			-10dBm(0.1mW)		自由空間	100km 以上
					拡張秦(市街地)	421m
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	2,752.5m
					拡張秦(市街地)	100m 未満
	固定運用（レピータ）（ホイップ）	-127dBm/20kHz	0dBm(1mW)	同一	自由空間	87,090m
					拡張秦(市街地)	1,572m
			-10dBm(0.1mW)		自由空間	27,540m
					拡張秦(市街地)	929m
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	616m
					拡張秦(市街地)	163.5m
	固定運用（レピータ）（コリニアアンテナ）	-127dBm/20kHz	0dBm(1mW)	同一	拡張秦(市街地)	2,273m
			-10dBm(0.1mW)		拡張秦(市街地)	1,342.5m
			-43dBm/20kHz	隣接	拡張秦(市街地)	236.2m
	移動運用（携帯・車載）	-127dBm/20kHz	0dBm(1mW)	同一	自由空間	87,090m
					拡張秦(市街地)	134.3m
			-10dBm(0.1mW)		自由空間	27,540m
					拡張秦(市街地)	100m 未満
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	616m
					拡張秦(市街地)	100m 未満

注 1：送信 EIRP は 20kHz あたりの電力に換算していないため、最悪値における評価となっている。

RKE とアマチュア局との共用検討の結果、全ての組み合わせについて、モンテカルロシミュレーションによる確率的な干渉計算による評価を実施する必要性が認められた。

TPMS については、RKE と比較して干渉影響が小さくなることが見込まれるものの、TPMS/RKE の送信時間率が極めて低いことを踏まえれば、実運用上の干渉影響を評価するためには、RKE 同様にモンテカルロシミュレーションによる確率的な干渉計算による評価が必要と考えられる。これらを踏まえ、TPMS についても調査モデル 3（モンテカルロシミュレーション）による確率的な干渉計算により共存の可能性について検討することとした。

共用検討のために設定した 433MHz 帯 TPMS/RKE の技術諸元では、国際的な周波数協調等を鑑み、最大の空中線電力を 1mW（EIRP）としている。しかしながら、TPMS/RKE は、内蔵したボタン電池等で稼働し、長寿命化のために消費電力や送信時間、送信回数等を抑制する必要があるシステムとなっており、各メーカの技術仕様や複数のサンプルの測定結果からも、実際の機器は空中線電力 0.1mW 程度が現実的な値と考えられる。こうした実情を踏まえ、調査モデル 3（モンテカルロシミュレーションにおける確率計算）においては、より現実に近い状況での評価とするため、空中線電力を機器

の実力値相当である 0.1mW に設定して評価を行った。また、送信時間、送信休止時間についても、同様に機器の実力値や技術仕様を踏まえた設定としている。

一方で、評価エリアとしては、自動車登録数及び交通量が最も大きい東京都を想定し、各種統計データに基づき、表 3.2.2-4 及び表 3.2.2-5 のとおり、同時送信局数等の推定を行った（詳細については、参考資料 4 参照）。

表 3.2.2-4　TPMS/RKE の同時使用車数の推定

【TPMS】

項目	東京都	参考（全国）	備考
a) 自動車保有台数(千台)	3,569.0	82,175.0	※1(全国) ※2(関東)
b) 平均交通量(台/24h)	21,627.0	7,530.0	※3
c) 平均速度(km/h)	16.10	31.70	
d) １日の走行台キロ(千台 km/日)	60,840.0	1,432,054.0	※3
e) １日の平均走行距離(km/日)	17.05	17.43	d)÷a)
f) １日の車の使用時間(時)	1.06	0.55	e)÷c)
g) １時間当たりの車の平均使用時間(時)	0.044	0.023	f)÷24h
h) 面積(㎢)	2,194.1	377,974.0	※4
i) 普及密度(台/㎢)	1,626.7	217.4	a)÷h)
j) 利用密度(台/㎢)	71.76	4.98	g)×i)
k) TPMS 装着率(%)	7.76 5.83	7.76 5.83	2.1.4 項参照。 上段：普及予測パターン 1 下段：普及予測パターン 2
l) TPMS 同時使用車数密度(台/㎢)	5.57 4.18	0.39 0.29	j)×k) 上段：普及予測パターン 1 下段：普及予測パターン 2

【RKE】

項目	東京都	参考（全国）	備考
a) 自動車保有台数(千台)	3569.00	82175.00	※1(全国) ※2(関東)
b) 面積(㎢)	2194.05	377974.00	※4
c) 普及密度(台/㎢)	1626.67	217.41	a)÷b)
d) RKE 装着率(%)	50.99 27.99	50.99 27.99	2.2.4 項参照。 上段：普及予測パターン 1 下段：普及予測パターン 2
e) RKE 同時使用車数密度(台/㎢)	829.44 455.31	110.86 60.85	c)×d) 上段：普及予測パターン 1 下段：普及予測パターン 2

※1　数字で見る自動車２０２３（R3 年度末）https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr1_000084.html
※2　関東運輸局管内自動車保有車両数調（令和 4 年 3 月末時点）https://wwwtb.mlit.go.jp/kanto/content/000267511.pdf
※3　令和 3 年度　全国道路・街路交通情勢調査　一般交通量調査　https://www.mlit.go.jp/road/census/r3/index.html
※4　全国都道府県市区町村別面積調（令和 4 年 4 月 1 日時点）https://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/MENCHO/backnumber/GSI-menseki20220401.pdf
※5　自動車輸送統計月報（令和 5 年 1 月）https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000040050781&fileKind=2

表 3.2.2-5　TPMS/RKE の同時送信局数の推定

上段： 普及予測パターン 1 下段： 普及予測パターン 2	TPMS		RKE		備考
	東京	参考 （全国）	東京	参考 （全国）	
同時使用局数 （台/㎢）	22.28 16.74	1.55 1.16	829.44 455.31	110.86 60.85	参表 4-4 及び 4-5 参照。 TPMS は、タイヤ数を考慮して 4 倍（22.28 台/㎢=5.57 台/㎢×4 輪）

送信トラヒック量 （アーラン）	0.00047	0.00047	0.000015	0.000015	参図 4-2 及び 4-3 参照。 TPMS：56.25 回/時間×0.03 秒/3600 秒 RKE：13.26 回/24 時間×0.1 秒/3600 秒
同時送信局数 （局/㎢）	0.010 0.008	0.00072 0.00054	0.0127 0.0070	0.0017 0.0009	=同時使用台数×送信トラヒック量
シミュレーションエリア内で与干渉局が 1 局になる半径（km）	5.5 6.4	21.0 24.2	5.0 6.8	13.7 18.5	

また、TPMS は自動車の走行中、RKE は自動車が駐車中に動作するものであるため、両方のシステムを搭載した車両でもそれらが同時に動作することは基本的に想定されないが、一定のエリアで見た場合には、RKE と TPMS が同時に動作する状況が発生する。そのため、TPMS、RKE それぞれの確率的な干渉評価に加え、TPMS 及び RKE からのアグリゲート干渉を考慮した確率的な干渉評価も行っている。

モンテカルロシミュレーションを使用した確率的な評価においては、干渉受信電力の累積分布から、干渉受信電力が被干渉局の許容干渉レベルを超える確率（干渉発生確率）を算出し評価を行うことから、本評価においては、干渉発生確率 3%（累積分布の 97%値）を指標として、共存可能性を判断することとした。

表 3.2.2-6　モンテカルロシミュレーションのパラメータ

与干渉局		TPMS				RKE				備考
被干渉局		固定（パラボラ）	固定（八木）	移動（車載/ハンディ）	レピータ	固定（パラボラ）	固定（八木）	移動（車載/ハンディ）	レピータ	
モンテカルロシミュレーション設定	評価エリア	東京都を想定 （自動車保有台数：約 357 万台、平均交通量 2 万 2 千台/日）								
	シミュレーションエリア半径（km）	5.5km（普及予測パターン 1） 6.4km（普及予測パターン 2）				5.0km（普及予測パターン 1） 6.8km（普及予測パターン 2）				
	保護エリア半径（m）	3m		2m	5m	3m		2m	5m	※1
	伝搬式	SEAMCAT 拡張秦モデル（アーバン）								
	与干渉同時送信局密度（局/km2）	0.010（普及予測パターン 1） 0.008（普及予測パターン 2）				0.0127（普及予測パターン 1） 0.007（普及予測パターン 2）				参表 4-4～4-6 参照
与干渉側	送信周波数	433.92MHz				433.92MHz				参表 4-1 参照
	空中線電力（EIRP）（dBm/20kHz）	-10/-15/-20				-10/-15/-20				
	不要発射強度（EIRP）（dBm/20kHz）	-65 ※2	-43 ※3			-65 ※2	-43 ※3			
	送信空中線高	1.5m/0.8m/0.2m				1.5m				
	その他損失	タイヤ損：2dB 車体損：10dB ※4				人体吸収損：8dB 建物侵入損：15dB ※4				
	SIM エリア内の	1				1				

<table>
<tr><td></td><td>与干渉局数
（台）</td><td colspan="5"></td><td colspan="5"></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">被干渉側</td><td>受信空中線利得
（dBi）</td><td>30</td><td>18</td><td>5</td><td>5
※5</td><td>12
※6</td><td>30</td><td>18</td><td>5</td><td>5
※5</td><td>12
※6</td><td rowspan="4">参表 4-2 参照</td></tr>
<tr><td>アンテナパターン</td><td>ITU-R F.699-8</td><td>ITU-R F.1336-5</td><td>無指向</td><td colspan="2">無指向</td><td>ITU-R F.699-8</td><td>ITU-R F.1336-5</td><td>無指向</td><td colspan="2">無指向</td></tr>
<tr><td>受信空中線高
（m）</td><td colspan="2">10</td><td>1.5</td><td colspan="2">20</td><td colspan="2">10</td><td>1.5</td><td colspan="2">20</td></tr>
<tr><td>許容干渉電力
（dBm/20kHz）</td><td colspan="5">-127</td><td colspan="5">-127</td></tr>
</table>

※1 平成 29 年 3 月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 「700MHz 帯高度道路交通システムの高度化に関する技術的条件」より引用。 固定運用 3m：P57 ITS 車載器から TV 受信機（八木ンテナ、強電界）への与干渉、移動運用 2m：P89 LTE 移動局から ITS 車載器への与干渉、リピータ 5m：P60 ITS 車載器から TV 極微小電力局への与干渉

※2 実力値 -65dBm/20kHz(=-58dBm/100kHz)

※3 現行規格値（国際輸送用データ伝送設備：1GHz 以下）＝-43.0dBm/20kHz(=250nW/100kHz)

※4 適用手法は、参表 4-1（TPMS/RKE に適用する追加損失の考え方）参照

※5 ホイップアンテナ（利得 4dBi）使用　　※6 コリニアアンテナ（利得 12dBi）使用

モンテカルロシミュレーションによる共用検討の手法は以下のとおり。

【モンテカルロシミュレーションによる共用検討の手法】

- シミュレーションエリアの中心にアマチュア局（被干渉局）を配置し、シミュレーションエリア内に TPMS/RKE（与干渉局）をランダムに配置し、与干渉局から被干渉局へ与える干渉量を計算。
- 与干渉局の位置を変化させ、2 万回の計算を実施し、合計の干渉電力の値が被干渉局の許容干渉電力の値を超える確率を求める。
- RKE と TPMS の合算の干渉量については、RKE 与干渉の確率計算と TPMS 与干渉の確率計算を別々に実施し、それぞれの確率計算の試行回ごとの RKE 干渉電力 IRKE と TPMS 干渉電力 ITPMS を合計した総干渉電力 I を計算することで、RKE と TPMS の合算の干渉量を評価。
- なお、モンテカルロシミュレーションでは、与干渉局の送信タイミングや 1 回当たりの送信時間等を、単位時間あたりの送信回数に変換して計算しており、こうすることで、与干渉局の送信タイミング等を、確率的な干渉影響評価に反映することができる。
- また、モンテカルロシミュレーションでは、計算の際に、与干渉局数が 1 以上の整数である必要があるが、今回は、単位面積あたりの同時送信局数が 1 よりも小さいため、同時送信局密度が 1 局となるよう、シミュレーションエリア半径を設定している（表 3.2.2-5 参照）。
- 本シミュレーションでは、被干渉側は常に弱信号の希望波を受信中という条件であり、被干渉局の運用休止時間及び希望信号の信号強度（D/U 比）による干渉回避を考慮しない前提で干渉発生確率を算出している点に留意が必要。

調査モデル 3（モンテカルロシミュレーションによる干渉発生確率評価）の計算結

果は表3.2.2-7（TPMSのアンテナ高が0.8mの場合）のとおり。前述のとおり、TPMS、RKE それぞれの確率的な干渉評価に加え、TPMS 及び RKE からのアグリゲート干渉を考慮した干渉評価も行った。

表 3.2.2-7　TPMS/RKE とアマチュア局との共用検討結果（調査モデル 3）
（調査モデル 3：モンテカルロシミュレーションによる確率計算）

与干渉局	被干渉局	被干渉局の許容干渉電力値	利用状況	干渉発生確率（%） （上段：普及予測パターン 1 下段：普及予測パターン 2）
TPMS	アマチュア局（月面反射・パラボラ）	-127dBm/20kHz	同一	20.1% 16.4%
		-65dBm/20kHz（※）	隣接	0.04% 0.02%
	アマチュア局（固定運用・八木）	-127dBm/20kHz	同一	10.7% 8.6%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.2% 0.2%
	アマチュア局（固定運用・レピータ（ホイップ））	-127dBm/20kHz	同一	2.2% 1.8%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.05% 0.05%
	アマチュア局（固定運用・レピータ（コリニアアンテナ））	-127dBm/20kHz	同一	6.0% 4.4%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.1% 0.07%
	アマチュア局（移動運用・携帯/車載）	-127dBm/20kHz	同一	0.2% 0.1%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.03% 0.01%
RKE	アマチュア局（月面反射・パラボラ）	-127dBm/20kHz	同一	12.1% 7.9%
		-65dBm/20kHz（※）	隣接	0.02% 0.01%
	アマチュア局（固定運用・八木）	-127dBm/20kHz	同一	5.6% 3.2%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.08% 0.04%
	アマチュア局（固定運用・レピータ（ホイップ））	-127dBm/20kHz	同一	1.0% 0.6%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.06% 0.02%
	アマチュア局（固定運用・レピータ（コリニアアンテナ））	-127dBm/20kHz	同一	2.9% 1.5%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.07% 0.04%
	アマチュア局（移動運用・携帯/車載）	-127dBm/20kHz	同一	0.1% 0.04%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.005% 0.01%

TPMS & RKE	アマチュア局（月面反射・パラボラ）	-127dBm/20kHz	同一	21.8% 17.3%
		-65dBm/20kHz（※）	隣接	0.04% 0.02%
	アマチュア局（固定運用・八木）	-127dBm/20kHz	同一	12.1% 9.2%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.2% 0.2%
	アマチュア局（固定運用・レピータ（ホイップ））	-127dBm/20kHz	同一	2.5% 1.9%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.07% 0.05%
	アマチュア局（固定運用・レピータ（コリニアアンテナ））	-127dBm/20kHz	同一	6.8% 4.7%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.1% 0.09%
	アマチュア局（移動運用・携帯/車載）	-127dBm/20kHz	同一	0.2% 0.1%
		-43dBm/20kHz	隣接	0.02% 0.005%

注：赤字は、干渉発生確率が3%を超えているもの
※　パラボラについては、実力値に基づく値（-65dBm/20kHz（=-58dBm/100kHz））を使用

３．２．３　実機試験の結果

433MHz 帯 TPMS/RKE の導入可能性の検討にあたり、シミュレーションで得られた結果の検証とアマチュア局の FM 変調波による音声通話状態における TPMS/RKE による混信の影響を確認するため、実機を用いた干渉評価を行った。

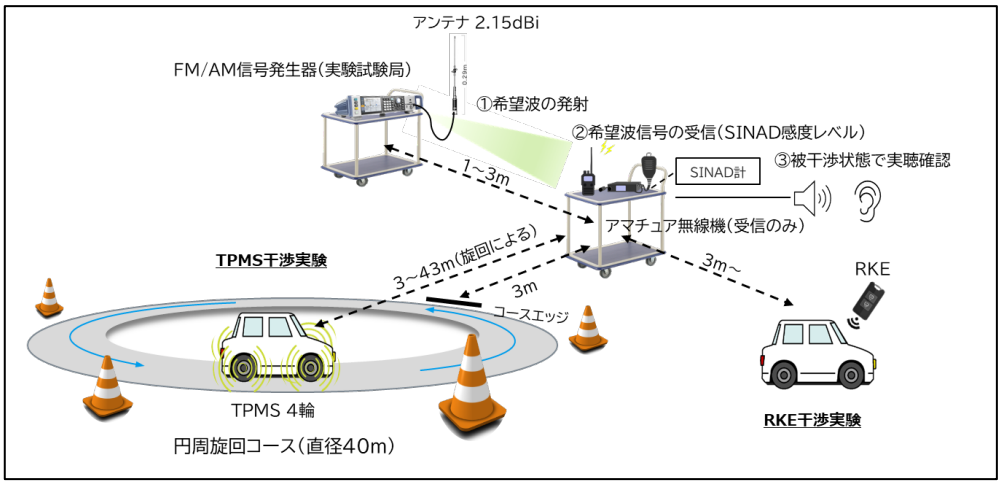


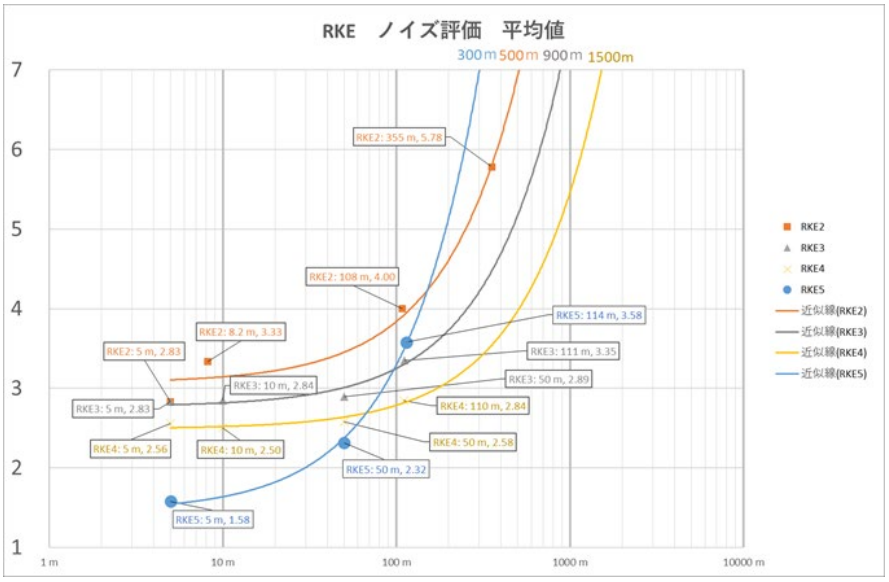
図 3.2.3-1　実機試験で用いた試験系

[実機試験の手順]

- アナログ信号発生器（実験試験局）からアマチュア局に対し FM 変調の電波の発射を行い、アマチュア局はそれを弱電界で受信している状態にする。

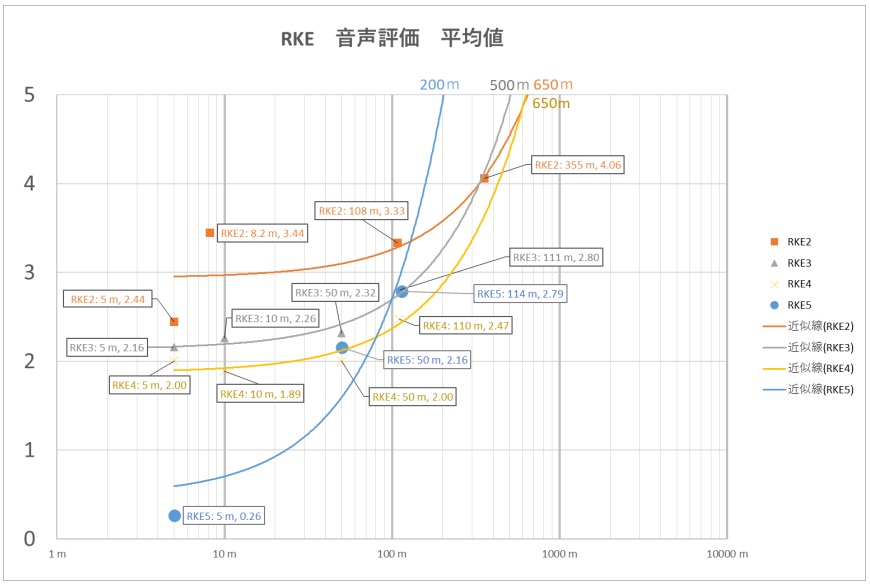
- 全てのタイヤに TPMS（実験試験局）を装着した自動車を円周コース上で走行させ、弱電界受信状態のアマチュア無線機において TPMS から発射される電波により、混信等が発生するか否か、音声通話において支障があるかどうかについてテスト音声の実聴で確認を行う。
- RKE については、アマチュア無線機でテスト音声等を受信した状態で RKE より電波を発射し、TPMS と同様に混信等が発生するか否か、音声通話において支障があるかどうかについてテスト音声の実聴で確認を行う。

この実機試験の結果は、図 3.2.3-2 及び図 3.2.3-3 のとおりであり、433MHz 帯 TPMS/RKE とアマチュア局との共存可能性の検討に際して考慮すべき点について確認することができた。



レベル	評価	内容
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度
4	中程度	ノイズがやや気になる
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音

図 3.2.3-2　ノイズの検出に対するオピニオン評価の結果



レベル	評価	内容
5	非常に良い	はっきりと聞こえる
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない
0	入感しない	相手が送信していることがわからない

図 3.2.3-3　音声に対するメリット評価の結果

【実機試験結果のまとめ】

- TPMS/RKE ともに混信による音質劣化が認められたが、TPMS 与干渉時の音質評価では、アマチュア無線機と与干渉機器が接近した状態（8～40m 程度）においても評価 4 以上の良好な受信が確認できた。また、RKE 与干渉時の音質評価においては、高頻度の送信（15 秒に 1 回程度）により試験を行ったが、見通し距離においても、概ね 200～250m 以上の距離が確保できれば、評価 3 以上が確保できる見込みとなっている。
- TPMS/RKE からの混信は極めて短時間、かつ発生頻度の低いものとなるため、実運用においては、アマチュア局の音声通話が困難になるような混信が生じる可能性は低いと考えられる。
- 試験結果から、アマチュア局において、音声に対するメリット評価 5 を確保するために必要な受信電力は、-109.78 dBm/20kHz 程度と推定される。アマチュア局の交信実態（音質、ノイズ等）を考慮した場合、アマチュア局への干渉電力が-107.94 dBm/20kHz（DU 比-1.84dB）以下であれば、評価 3 以上が確保でき、実運用において大きな支障は出ないものと考えられる。

  【干渉電力の推定値（試験結果における最悪値から推定）】

  ・評価 4 に相当：-118.80dBm/20kHz（推定値に対する D/U 比：9.02dB）

  ・評価 3 に相当：-107.94dBm/20kHz（推定値に対する D/U 比：-1.84dB）

- アマチュア局から TPMS/RKE に対する干渉については、アマチュア局の送信電力を 5W 以上で送信した場合、300m の距離でも TPMS/RKE が動作不能となることが確認された。他方、周波数を 900kHz 以上離調した場合には、アマチュア局が 50W で送信した場合でも TPMS/RKE の動作に影響は見られなかった。

３．２．４　共用検討結果に基づくアマチュア局との共存可能性についての考察

様々な周波数がアマチュア無線に分配されている中、433.92MHz 付近は近距離の交信用として主に使用されている。この交信は FM で行われるため、希望波のレベルが干渉波に比べて高い場合に混信を受けにくい特性を有している。

モンテカルロシミュレーションを用いた確率計算においては、被干渉側は常に弱信号の希望波を受信中という条件で、被干渉局の運用休止時間及び希望信号の信号強度（D/U 比）による干渉回避を考慮しない前提で干渉発生確率を算出しているが、アマチュア局と TPMS/RKE の送信電力の差を踏まえれば、希望信号が十分な信号強度（D/U 比）を確保できるケースも多いと考えられ、実運用においては、アマチュア局への混信影響は更に軽減されると考えられる。

共存可能性の検討に際しては、机上検討や実機試験の結果に加え、こうした 433.92MHz 付近におけるアマチュア局の実情等も考慮し考察を行った。

①アマチュア局（固定運用・パラボラアンテナ）との共存可能性

調査モデル 2 において、RKE がアマチュア局（固定運用・パラボラアンテナ）と同一周波数を使用して 1 対 1 で対向する場合、拡張秦式モデル（市街地モデル）で 1,340m、機器の実力値を考慮した場合は 792m の離隔距離が必要との結果となった（表 3.2.2-3 参照）。

一方で、アマチュア局は、アマチュア局同士の混信を避けるために用途毎に周波数を分けて運用されており、パラボラアンテナを用いる月面反射通信（EME）が使用する帯域（431.9～432.1MHz 帯）は、TPMS/RKE が使用する帯域とは異なる（図 3.1.2-1 参照）ことから、隣接周波数利用が主に想定される。この場合における所要離隔距離は、拡張秦式モデル（市街地モデル）で 100m 未満となっている。

また、TPMS/RKE は、一般的な無線局とは異なり、極めて短時間の送信を行う移動する無線局であり、調査モデル 3 において実利用における時間率・場所率等を考慮した場合、隣接周波数帯利用における TPMS 及び RKE のアグリゲート干渉に対する干渉発生確率は最大で 0.05%と非常に小さい（表 3.2.2-7 参照）ものとなっている。これらの結果から、共存が可能であると考えられる。

②アマチュア局（(固定運用・八木アンテナ）との共存可能性

①と同様、同一周波数を使用して 1 対 1 で対向する場合、拡張秦式モデル（市街地モデル）で 712.8m、機器の実力値を考慮した場合は 421m の離隔距離が必要との

結果となった（表 3.2.2-3 参照）。

時間率・場所率を考慮した確率計算においては、同一周波数利用における TPMS 及び RKE のアグリゲート干渉に対する干渉発生確率は普及予測パターン 2 において 9.2%（表 3.2.2-7 参照）となっているが、前提となる与干渉局数は最も自動車登録台数の多い東京都を想定したものであり、渋滞発生時などの特殊な状況を除けば、ほとんどの地域で干渉影響はより軽減されることが想定される。

また、実機試験で得られた結果やアマチュア局の交信実態（音質、ノイズ等）を考慮した場合、音声通話に大きな支障のない音質評価 3 の確保のための許容干渉電力は-107.94 dBm/20kHz（D/U 比-1.84dB）程度と見込まれ、この場合における干渉発生確率は普及予測パターン 1 においても 1.1%（参表 4-14（TPMS0.8m 時）参照）となることから、アマチュア局に対し干渉により重大な影響が発生する可能性は低いと考えられる。隣接周波数帯を利用する場合においては、1 対 1 で対向する場合の所要離隔距離は 100m 未満（拡張秦式モデル（市街地モデル））、干渉発生確率は普及予測パターン 1 においても 0.2%と小さい（表 3.2.2-7 参照）ものとなっており、これらの結果から、実運用上は共存が可能であると考えられる。

③アマチュア局（(固定運用・レピータ）との共存可能性

①と同様、同一周波数を使用して 1 対 1 で対向する場合、拡張秦式モデル（市街地モデル）で 1,572m（コリニアアンテナでは 2,273m)、機器の実力値を考慮した場合は 929m（コリニアアンテナでは 1,342.5m）の離隔距離が必要との結果となった（表 3.2.2-3 参照）。

一方で、時間率・場所率を考慮した確率計算においては、同一周波数利用における干渉発生確率は普及予測パターン 2 において 4.7%（コリニアアンテナの場合、表 3.2.2-7 参照）となっているが、②と同様に、音質評価 3 を想定した場合の干渉発生確率は普及予測パターン 1 においても 0.5%（参表 4-14（TPMS0.8m 時）参照）となっており、アマチュア局に対し干渉により重大な影響が発生する可能性は低いと考えられる。また、隣接周波数利用における干渉発生確率は最大 0.1%（表 3.2.2-7 参照）と小さいものとなっており、これらの結果から、実運用上は共存が可能であると考えられる。

④アマチュア局（移動運用・携帯・車載）との共存可能性

①と同様、同一周波数を使用して 1 対 1 で対向する場合、拡張秦式モデル（市街地モデル）における離隔距離は 134.3m、機器の実力値を考慮した場合は 100m 未満との結果となった（表 3.2.2-3 参照）。

一方で、時間率・場所率を考慮した確率計算においては、同一周波数利用における干渉発生確率は最大 0.2%、隣接周波数利用における干渉発生確率は最大 0.02%と、同一周波数利用、隣接周波数利用のいずれの場合でも干渉発生確率は 3%以下（表 3.2.2-7 参照）となっており、これらの結果から、共存が可能であると考えられる。

３．２．５　アマチュア局から TPMS/RKE への影響

433MHz 帯 TPMS/RKE に対するアマチュア局からの干渉については、アマチュア局が TPMS と同一周波数を使用して 1 対 1 で対向する場合、アンテナ地上高や指向性特性、その他損失等を考慮しても、100km 以上の離隔距離が必要との結果となった。

また、実機試験においては、アマチュア局（出力 50W、アンテナ利得 6.3dBi、RF ケーブル損失 1.21dB）を用い、実際に車体ドア付近において RKE を動作させ、これらの機器の動作状況を確認したが、アマチュア局から 300m を超える距離においても、RKE の通信が阻害されるとの結果となった。

2.4 項で記載のとおり、我が国では、433MHz 帯は一次的基礎でアマチュア業務に分配されている。アマチュア局の数は減少傾向にあるが、現在も約 33.5 万局のアマチュア局が 430MHz 帯を使用可能としている状況であり、433MHz 帯 TPMS/RKE を導入する場合には、アマチュア局からの干渉を許容して、当該周波数帯を共用することが前提となる。433MHz 帯 TPMS/RKE の導入に当たっては、上記の影響等を十分に認識し、RKE のシステム設計等の工夫やユーザ等への周知を図るなどの取組が重要となる。

また、433MHz 帯 TPMS/RKE が装着された自動車で、アマチュア無線機器を車載で運用する場合、車両の TPMS/RKE の動作に影響を与える可能性があることも留意する必要がある。実機試験では、周波数離調によりアマチュア無線機器から TPMS/RKE への干渉軽減が期待できることが確認されたが、ユーザ自らが適切な対応が取れるようにするため、433MHz 帯 TPMS/RKE の装着について、ユーザへの情報提供が行われることが期待される。

３．２．６　アマチュア局との共用検討結果まとめ

433MHz 帯 TPMS/RKE とアマチュア局との共用については、1 対 1 においては干渉があるものの、与干渉局である TPMS/RKE は、送信時間率が極めて低いシステムであり、かつ、装着された自動車の移動により干渉源の位置が変化することで、被干渉局であるアマチュア局への干渉電力も時間的に変動し、アマチュア局への干渉状態が固定される恐れは少ない。

また、同一周波数で利用した場合において、一部で干渉発生確率が 3%を超える組合せがあるが、本検討における確率計算では、被干渉側は常に弱信号の希望波を受信中という条件で、被干渉局の運用休止時間及び希望信号の信号強度（D/U 比）による干渉回避を考慮しない前提で干渉発生確率を算出しており、アマチュア局と TPMS/RKE の送信電力の差を踏まえれば、希望信号が十分な信号強度（D/U 比）を確保できるケースも多いと考えられ、こうしたアマチュア局の交信実態（音質、ノイズ等）や実機試験で得られた結果等を考慮すれば、実運用においてはマージンがあると考えられる。

以上により、アマチュア局に対し、433MHz 帯 TPMS/RKE からの干渉により重大な影響が発生する可能性は低いと考えられることから、実運用において共用は可能であると判断できる。

３．３　国際輸送用タグシステムとの共用検討

３．３．１　433MHz 帯 TPMS/RKE と国際輸送用タグシステムとの共用検討の結果

433MHz 帯 TPMS/RKE と国際輸送用タグシステムとの共用検討に際しては、電波伝搬モデルとして自由空間伝搬を用いて、TPMS、RKE それぞれについて、国際輸送用タグシステム（インテロゲータ）との共用検討を実施した。なお、433MHz 帯 TPMS/RKE と国際輸送用タグシステムは、どちらも送信時間率が極めて低いシステムであり、国際輸送用タグシステムの使用場所が港湾周辺に限られることも考慮し、調査モデル 3（モンテカルロシミュレーション）による確率的な干渉計算は不要と判断した。

表 3.3.1-1　TPMS/RKE と国際輸送用タグシステム（インテロゲータ）との共用検討結果

与干渉局	被干渉局	被干渉局の許容干渉電力値	与干渉局の送信 EIRP	所要離隔距離
TPMS	国際輸送用タグシステム（インテロゲータ）	-65dBm	1mW(0dBm)	109.7m
			0.1mW(-10dBm)	34.7m
			-43dBm	不要
RKE			1mW(0dBm)	109.7m
			0.1mW(-10dBm)	34.7m
			-43dBm	不要
国際輸送用タグシステム（アクティブタグ）	TPMS	-116dBm/200kHz	1mW(0dBm)	4,368m
	RKE	-113dBm/200kHz		3,090m
国際輸送用タグシステム（インテロゲータ）	TPMS	-116dBm/200kHz	0.4mW(-3.98dBm)	6,180m
	RKE	-113dBm/200kHz		4,375m

３．３．２　国際輸送用アクティブタグシステムとの共用検討結果まとめ

TPMS/RKE が国際輸送用タグシステムと同一周波数を使用して 1 対 1 で対向する場合における所要離隔距離は、機器の実力値を考慮すれば 34.7m となり、TPMS/RKE 及び国際輸送用タグシステムの利用実態を考慮すれば、共用は可能であると判断できる（表 3.3.1-1 参照）。

一方で、国際輸送用タグシステムを与干渉側とする場合、TPMS/KRE との所要離隔距離は数 km 程度必要との結果となっているが、これらのシステムは、どれも送信時間率が極めて低いシステムであり、国際輸送用タグシステムの使用場所が港湾周辺に限られることも考慮すると、国際輸送用タグシステムが 433MHz 帯 TPMS/RKE の運用を阻害するような混信を与える可能性は極めて低いと考えられる。

更に、2.4.3.2 項のとおり、433MHz 帯を使用する国際輸送用タグシステムは、平

成 18 年の制度化以降、平成 22 年までに合計 582 台の証明実績があるが、近年、認証実績がなく、国内での稼働台数を鑑みれば、共用は可能であると判断できる。

３．４　その他

433MHz 帯 TPMS/RKE については、国際的な周波数協調の観点から、我が国においても導入が求められている。特に TPMS は、事故の未然防止の観点から諸外国においては義務化が進んでいるため、輸入された搭載車両を国内で使用する場合、既に装着済みのこれらの機器の交換等が必要となっており、こうした機器がそのまま国内でも使用可能となることへの期待は大きい。

433MHz 帯 TPMS/RKE は、諸外国の技術基準との整合性を確保するため、既に導入済みの 315MHz 帯の機器と同様に、特定小電力無線局としての導入が想定されている。また、アマチュア局は、固定運用だけでなく、携帯・車載といった移動運用も行われており、今後、433MHz 帯 TPMS/RKE の普及が進むことにより、極端に近い位置で、同一周波数を使用するようなケースも発生する可能性がある。本検討では、433MHz 帯 TPMS/RKE が装着された車両でアマチュア局を車載運用する場合については、離隔距離の確保が難しい一方で、アマチュア局の運用者による干渉軽減が期待できる特殊なケースであることから、検討の対象外としたが、アマチュア局を 433.92MHz 又はその近傍の周波数で運用した場合には TPMS/RKE の動作が阻害される恐れがあることに留意する必要がある。

本検討では、433.92MHz 付近におけるアマチュア局の運用実態や直近の自動車に係る各種統計データ等を元に共用条件を設定し検討を行ったが、これらは確率的な評価に基づくものであり、渋滞発生時などの特殊な状況においては、本検討の想定とは異なる影響が生じる可能性もある。

また、アマチュア局の運用形態（例：アマチュア局が遠距離通信を追求した運用場所の選定や高利得のアンテナを使用する場合等）によっては、干渉影響がより大きく出る場合があり得ることにも留意する必要がある。

特に、RKE については、使用状況によっては、総送信時間が長くなるケースも考えられる。アマチュア局の運用を阻害するような混信を与える可能性を低くするため、実際の稼働時間は必要最低限とすることが望ましい。

第４章　433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリの技術的条件

４．１　433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリの用途

433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリは、国際周波数協調の観点から、我が国において導入が求められているものであり、同一周波数帯を使用する既存のアマチュア局及び国際輸送用タグシステムへの干渉を一層軽減させる観点から、次のとおり、その用途及び利用形態を限定することが適当である。

【433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリの用途及び利用形態】

(1)　主として自動車に装着される無線設備であって、当該自動車のタイヤ空気圧の状況等に関する情報のデータ伝送を自動的に行うものであること。

(2)　主として自動車の操作及び管理の用に供する無線通信を行うものであること。

４．２　433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリの技術的条件

433MHz 帯タイヤ空気圧モニタ及びリモートキーレスエントリの技術的条件については、国際周波数協調の観点から、諸外国における技術基準及びアマチュア局等の他の無線局との干渉軽減を踏まえ、以下のとおりとすることが適当である。

４．２．１　一般的条件

(1)　通信方式

通信方式は、利用形態を踏まえ、単向通信方式、単信方式及び複信方式とする。

(2)　変調方式

規定しない。

(3)　使用周波数帯

使用周波数帯は、諸外国の技術基準との整合を図り、周波数を共用するアマチュア局等への干渉を軽減する観点から、次表のとおり、中央の周波数を 433.92MHz とする指定周波数帯とする。

周波数	指定周波数帯
433.92MHz	433.795MHz から 434.045MHz まで

なお、当該周波数帯の使用に当たっては、一次的基礎として分配されているアマチュア局に有害な混信を生じさせてはならない。また、一次的基礎として分配されているアマチュア局からの有害な混信に対して保護を要求してはならない。

(4)　空中線電力

空中線電力は、諸外国の技術基準との整合を図り、かつ、諸外国において使用されている無線設備の実態及び周波数を共用するアマチュア局等への干渉を軽減するため、次表のとおりとする。

空中線電力
等価等方輻射電力において、1mW 以下とする。

(5)　空中線系

規定しない。なお、送信空中線が無線設備の一の筐体に収められており、給電線及び接地装置を有しないものであること。

(6)　送信時間制限

送信時間は、諸外国の技術基準との整合を図り、周波数を共用するアマチュア局等への干渉を軽減する観点から、1 時間当たりの総和を 360 秒以下とする。また、周期的な送信を行う場合にあっては、電波を発射してから 1 秒以内にその電波の発射を停止し、かつ、休止時間を 1 ミリ秒以上とすること。

(7)　混信防止機能

通信の相手方を識別するための符号（識別符号）を自動的に送信し、又は受信するものであること。

(8)　違法改造への対策

無線設備においては、一の筐体に収められており、かつ、空中線系を除く高周波部及び変調部は、容易に開けることができない構造であること。

４．２．２　無線設備の技術的条件

(1)　送信装置

（ア）　占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅の許容値は、次表のとおりとする。

占有周波数帯幅の許容値
250kHz

（イ）　空中線電力の許容偏差

上限 20%以内であること。

（ウ）　不要発射の強度の許容値

諸外国の技術基準との整合を図り、使用周波数帯（指定周波数帯）の外側をスプリアス領域とし、そのスプリアス領域における不要発射の強度の許容値及び参照帯域幅は、次表のとおりとする。

不要発射の周波数	不要発射の強度の許容値	参照帯域幅
1GHz 以下のもの	250nW 以下	100kHz
1GHz を超えるもの	1μW 以下	1MHz

※　不要発射の強度の許容値は、等価等方輻射電力による値とする。

（エ）　キャリアセンス

特定小電力無線局においては、他の無線局との混信を防止する機能として、キャリアセンス機能を備え付けているものもあるが、433MHz 帯 TPMS/RKE においては、空中線電力が 1mW 以下であって、送信時間制限によりデューティーサイクルが低いこと、また、諸外国の技術基準との整合性を図るため、キャリアセンス機能の備え付けを要しないこととする。

（オ）　隣接チャネル漏えい電力

指定周波数帯の外側については、不要発射の強度による規定とするため、隣接チャネル漏えい電力は規定しないこととする。

(2)　受信装置

副次的に発射する電波等の限度は、1GHz 以下においては、等価等方輻射電力で 100kHz あたり 4nW 以下とし、1GHz 超えでは 1MHz 当り 4nW 以下とする。

４．３　測定方法

測定法については、平成 16 年総務省告示 88 号　別表第 22 に準ずる。

(1)　空中線端子なしの場合の測定条件

（ア）　測定場所の条件

空中線端子なしの場合においては、昭和 63 年郵政省告示第 127 号（発射する電波が著しく微弱な無線局の電界強度の測定方法）の条件に準じて、試験機器を、木その他絶縁材料により作られた高さ 1.5m の回転台の上に設置して測定することとし、測定距離 3m の 5 面反射波を抑圧した電波暗室とする。

この場合、測定用空中線は、指向性のものを用いることとし、地上高は 1m から 4m までの間可変とすること。

また、最大放射方向の探索においても、上記告示の測定方法に準じた方法とすることが適当である。

（イ）　　試験機器の条件

空中線端子なしの場合においては、電源ケーブル、外部インタフェースケーブル等のケーブルが付属する場合、空中線の形状が変化する（ケーブル等）場合及び金属板等により放射特性が影響を受ける場合においては、最大の放射条件となる状態を特定して測定する必要がある。

タイヤ空気圧モニタリングシステムの場合は、タイヤ等に取り付けない状態で測定する。

(2)　占有周波数帯幅

（ア）　　空中線端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれ全電力の 0.5%となる周波数幅を測定すること。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には、通常運用される信号のうち占有周波数帯幅が最大となる信号で変調をかけることとする。

（イ）　　空中線端子なしの場合

上記(1)の条件又は適当な RF 結合器若しくは空中線で結合し、（ア）と同様にして測定すること。

(3)　不要発射の強度

（ア）　　空中線端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときのスプリアス成分の平均電力（バースト波にあっては、バースト内の平均電力）を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。ここで求めた値に不要発射周波数の空中線絶対利得を乗じて等価等方輻射電力を求めることが適当である。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。また、試験用端子が空中線端子と異なる場合は、空中線端子と試験用端子の間の損失等を補正する。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には、通常運用される信号で変調をかける。

（イ）　　空中線端子なしの場合

上記(1)の条件として、（ア）と同様にして測定すること。

なお、スペクトルアナライザを用いる場合は、分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定して測定し、置換法により等価等方輻射電力を求め

る。なお、測定値が許容値を十分下回る場合は、測定用空中線の絶対利得等を用いて換算する方法でもよい。

ただし、偏波面の特定が困難な場合は、水平偏波及び垂直偏波で求めた空中線電力の最大値に3dB加算すること。

(4) 空中線電力

(ア) 空中線端子付きの場合

平均電力で規定される電波型式の測定は平均電力を、尖頭電力で規定される電波型式の測定は尖頭電力を測定すること。

平均電力を測定する場合は、連続送信波によって測定することとし、それが困難な場合には、バースト波で測定することとし、バースト繰り返し周期よりも十分長い区間における平均電力を測定し、送信時間率（電波を発射している時間／バースト繰り返し周期）の逆数を乗じてバースト内平均電力とする。ここで求めた値に空中線絶対利得を乗じて等価等方輻射電力を求めることが適当である。

尖頭電力を測定する場合は尖頭電力計等を用いる。

なお、試験用端子が空中線端子と異なる場合は、空中線端子と試験用端子の間の損失等を補正する。

(イ) 空中線端子なしの場合

上記(1)の条件として、（ア）及び上記(3)（イ）と同様にして測定すること。

(5) 送信時間制限

(ア) 空中線端子付きの場合

① 1時間当たり送信時間の総和

スペクトルアナライザの中心周波数を試験周波数に、掃引周波数幅を0Hz（ゼロスパン）として、スペクトルアナライザのIF出力又は試験周波数を直接又は広帯域検波器で検波した信号を、タイムインターバルカウンタ等を用いて測定する。

② 最大送信時間及び最小送信休止時間

送信時間は最大となる状態、送信休止時間は最小となる状態に設定し、スペクトルアナライザの中心周波数を試験周波数に、掃引周波数幅を0Hz（ゼロスパン）として測定する。

なお、時間分解能が不足する場合は、上記スペクトルアナライザのIF出力又は試験周波数を、直接又は広帯域検波器で検波し、オシロスコープ等を用いて測定する。

(イ) 空中線端子なしの場合

上記(1)の条件又は適当なRF結合器又は空中線で結合し、（ア）と同様にして測定すること。

(6)　受信装置の副次的に発射する電波等の限度

（ア）　空中線端子付きの場合

上記(3)（ア）と同様に、スペクトルアナライザ等を用いて測定すること。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、1GHz以下では100kHz、1GHz超では1MHzに設定すること。

（イ）　空中線端子なしの場合

上記(1)の条件として、（ア）及び上記(4)（イ）と同様にして測定すること。

別表１　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　構成員

（主査及び主査代理以外、50 音順）

氏名	現職
（主査） 三次　仁	慶應義塾大学　環境情報学部　教授
（主査代理） 豊嶋　守生	国立研究開発法人情報通信研究機構　ネットワーク研究所ワイヤレスネットワーク研究センター　研究センター長
秋山　裕子	富士通株式会社　モバイルシステム事業本部 モバイルネットワーク事業部　事業部長
飯塚　留美	一般財団法人マルチメディア振興センター　調査研究部　研究主幹
井家上　哲史	明治大学　理工学部　教授
伊藤　数子	特定非営利活動法人 STAND　代表理事
今村　浩一郎	日本放送協会 放送技術研究所　伝送システム研究部　部長
加藤　康博	日本電信電話株式会社　技術企画部門　電波室長（第 88 回）
児玉　俊介	一般社団法人電波産業会　専務理事
坂本　信樹	日本電信電話株式会社　技術企画部門　電波室長（～第 87 回）
杉浦　誠	一般社団法人全国陸上無線協会　専務理事
杉本　千佳	横浜国立大学　大学院工学研究院　知的構造の創生部門　准教授
高田　潤一	東京工業大学　環境・社会理工学院　学院長／教授
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
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
松尾　綾子	株式会社東芝　研究開発センター　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　室長
森川　博之	東京大学　大学院　工学系研究科　教授
森田　耕司	一般社団法人日本アマチュア無線連盟　会長
吉田　貴容美	日本無線株式会社　ソリューション事業部　マイクロ波通信技術部 衛星移動通信システムグループ　課長
吉田　奈穂子	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会　委員

別表２　情報通信審議会　情報通信技術分科会　陸上無線通信委員会
小電力システム作業班構成員

（主任及び主任代理以外、50音順）

氏名	現職
（主任） 児玉　俊介	一般社団法人電波産業会　専務理事
（主任代理） 松村　武	国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワーク研究所ワイヤレスシステム研究室　室長
岩田　弘道	アイコム株式会社 システム設計部　上級技師
内本　敬久	一般社団法人全国陸上無線協会　企画調査部
加藤　数衛	株式会社日立国際電気　ソリューション統括本部 基盤ソリューション本部　技術総括
小宮山 真康	サーキットデザイン株式会社　取締役
阪口　啓	東京科学大学　工学院　教授
髙井　正興	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 電磁環境委員会委員長
高橋　修一	日本無線株式会社　経営戦略本部　経営企画部　兼務　事業本部 ソリューション事業部　民需事業統括部　専任担当部長
戸部　隆久	一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター 技適認証第二部 主任技師
安川 昌孝	古野電気株式会社　システム機器事業部　開発部 要素技術課　主幹技師
渡川　洋人	株式会社 JVC ケンウッド　無線システム事業部 国内無線システム開発部　シニアマネジャー

別表３　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
小電力システム作業班
433MHz 帯 TPMS・RKE システムアドホックグループ構成員

（グループリーダ以外、50音順）

氏名	現職
（グループリーダ） 阪口　啓	東京科学大学　工学院　教授
安藤　正訓	本田技研工業株式会社　二輪・パワープロダクツ事業本部 二輪・パワープロダクツ開発生産統括部 システム開発部　電装開発課　アシスタントチーフエンジニア
岩田　弘道	アイコム株式会社　システム設計部設計１課　上級技師
上原　慶昭	ゼネラルモーターズ・ジャパン株式会社　ディレクター
老平　圭吾	スズキ株式会社　四輪電子システム開発部　係長
北　一亨	三菱自動車株式会社　三菱自動車株式会社　主任
熊谷　彰人	株式会社東海理化　電子制御システム技術部　第２設計室　GM
幸島　徹	一般社団法人日本アマチュア無線連盟　電磁環境委員会委員
小西　將之	一般社団法人日本自動認識システム協会　主任研究員
志田　尚基	日産自動車株式会社　シャシー開発部 シャシーシステム開発グループ　主担
杉本　仁	日本アマチュア無線機器工業会　事務局長
手島　由裕	マツダ株式会社　電子性能開発部　EMC/AVC 実研グループ マネージャー
内藤　博道	株式会社デンソー　エレクトロニクス技術２部　第３設計室長
西台　哲夫	ニデックモビリティ株式会社　技術開発部技術開発２グループ
野崎　正明	第一電波工業株式会社　技術部
太箸　章弘	ミネベア　アクセスソリューションズ株式会社　電装 BL　技術主任
松本　満	アルインコ株式会社　電子事業部　設計開発部　部長
丸岡　直樹	Stellantis Japan 株式会社　クオリティー・カスタマーエクスペリエンス部　ジェネラルマネージャー
三上　慎一	株式会社サイレンスネット　RFID プロダクトマネージャー
桃瀬　彰	太平洋工業株式会社　バルブ・TPMS 事業本部　TPMS 技術部　主査
谷鹿　勝己	一般財団法人日本アマチュア無線振興協会　保証事業センター担当部長
山根　克靖	本田技研工業株式会社　電動事業開発本部　BEV 開発センター ソフトウェアデファインドモビリティ開発統括部 電子プラットフォーム開発部　電子制御ユニット開発課
吉田　貴美	日本自動車輸入組合　会員業務部部長兼環境部担当部長
若松　篤幸	トヨタ自動車株式会社　制御電子システム開発部　電子性能開発室　4G 主幹
渡川　洋人	株式会社 JVC ケンウッド　無線システム事業部 国内無線システム開発部　シニアマネジャー

参考資料１　共用条件検討で使用した伝搬モデルについて

共用検討において、必要離隔距離や干渉発生確率の算出に利用した伝搬モデルを示す。なお、以下伝搬モデルで用いている対数(log)は全て底が 10 となる常用対数である。

１　自由空間伝搬モデル

自由空間伝搬損失は、あるポイントのエネルギーが同心円状に拡散するような理想環境において示される伝搬損失式である。伝搬損失 L[dB]の式を以下に示す。

$$L = 20\log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) = 20\log\left(\frac{4\pi f d}{c}\right) = 20\log f + 20\log d + 20\log\left(\frac{4\pi}{c}\right)$$
$$= 20\log f + 20\log d + 32.4\ [\mathrm{dB}]$$

f：周波数 [MHz]
d：距離 [km]
c：光速 3.0×10^{8} [m/s]

同心円の表面積が$S = 4\pi d^2$で表され、エネルギーは表面積で割った値に減少する。よって伝搬損失は距離の二乗に反比例して減衰することになる。

２　奥村－秦モデル

奥村－秦式モデルは、陸上移動通信の伝搬損失を対象とした推定法であり、離隔距離が1㎞以上かつ基地局側のアンテナ高が周囲の建物よりも十分に高い場合に適用される。

奥村－秦モデルの伝搬損失 L[dB]は、次式で与えられる。

$$\mathrm{L} = 69.55 + 26.16\log(f) - 13.82\log(H_b) - a(H_m) + [44.9 - 6.55\log(H_b)]\log(d)$$

この場合において、$a(H_m)$は移動局高特性であり、

① 中小都市

$$a(H_m) = (1.1)\log\ a(H_m) - (1.56\log(f) - 0.8)$$

② 大都市

$$a(H_m) = 8.29[\log(1.54H_m)]^2 - 1.1 \qquad (f \leq 400\mathrm{MHz})$$
$$a(H_m) = 3.2[\log(11.75H_m)]^2 - 4.97 \qquad (400\mathrm{MHz} \leq f)$$

ここで、

f：周波数 [MHz]
H_b：基地局アンテナ高 [m]

H_m：移動局アンテナ高 [m]
d：距離 [km]

奥村－秦式モデルの適用範囲を拡張する派生的なモデルが幾つか提案されており、拡張秦モデルもその一つである。

本検討では、「大都市モデル」を使用した。

３　SEAMCAT 拡張秦モデル

無線システム間の干渉評価として、報告 ITU-R SM.2028 で示されるモンテカルロシミュレーションに基づく干渉評価ソフトウェア SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool)がある。このソフトウェアはヨーロッパ CEPT の Spectrum Engineering WG で開発され、携帯電話システムを中心として多くのシステム共用検討に用いられている実績を持つ。SEAMCAT で使用する与干渉局と被干渉局との間の伝搬モデルには、拡張秦モデルが用意されている。伝搬距離、環境、周波数範囲によって伝搬損失を求める式を分けている。伝搬損失計算式を参表 1-1 に示す。

参表 1-1　SEAMCAT 拡張秦モデルで用いる伝搬損失計算式

距離範囲	環境	周波数範囲	伝搬損失
$d \leq 40\mathrm{m}$			$L = 32.4 + 20\log f + 10\log\left[d^2 + \frac{(H_b - H_m)^2}{10^6}\right]$
$100\mathrm{m} \leq d$	市街地	$30\mathrm{MHz} < f \leq 150\mathrm{MHz}$	$L = 69.6 + 26.2\log(150) - 20\log\left(\frac{150}{f}\right)$ $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})]\left(\log(d)\right)^{\alpha}$ $- a(H_m) - b(H_b)$
		$150\mathrm{MHz} < f \leq 1500\mathrm{MHz}$	$L = 69.6 + 26.2\log(f)$ $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})]\left(\log(d)\right)^{\alpha}$ $- a(H_m) - b(H_b)$
		$1500\mathrm{MHz} < f \leq 2000\mathrm{MHz}$	$L = 46.3 + 33.9\log(f)$ $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})]\left(\log(d)\right)^{\alpha}$ $- a(H_m) - b(H_b)$
		$2000\mathrm{MHz} < f \leq 3000\mathrm{MHz}$	$L = 46.3 + 33.9\log(2000) + 10\log\left(\frac{f}{2000}\right)$ $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})]\left(\log(d)\right)^{\alpha}$ $- a(H_m) - b(H_b)$
	郊外		$L = L(\mathrm{Urban})$ $-2 \cdot \left\{\log\left[\frac{(\min\{\max\{150; f\}; 2000\})}{28}\right]\right\}^2 - 5.4$ ※ L(urban)は都市部の伝搬損失値
	開放		$L = L(\mathrm{Urban})$ $-4.78 \cdot \{\log[\min\{\max\{150; f\}; 2000\}]\}^2$ $+18.33 \cdot \{\log[\min\{\max\{150; f\}; 2000\}]\}$ -40.94 ※ L(urban)は都市部の伝搬損失値
$40\mathrm{m} < d < 100\mathrm{m}$			$L = L(0.04)$ $+ \frac{[\log(d) - \log(0.04)]}{[\log(0.1) - \log(0.04)]} \times [L(0.1) - L(0.04)]$

ここで

$$a(H_m) = (1.1\log(f) - 0.7) \cdot min\{10; H_m\} - (1.56\log(f) - 0.8) + max\left\{0; 20\log\frac{H_m}{10}\right\}$$

$$b(H_b) = min\left\{0; 20\log\frac{H_b}{30}\right\}$$

$$\alpha = \begin{cases} 1 & d \leq 20\text{km} \\ 1 + (0.14 + 1.87 \times 10^{-4} \times f + 1.07 \times 10^{-3} \times H_b)\left(\log\frac{d}{20}\right)^{0.8} & 20\text{km} < d < 100\text{km} \end{cases}$$

である。

f：周波数 [MHz, 30〜3000MHz]
h_1：送信局アンテナ高 [m]
h_2：受信局アンテナ高 [m]
$H_b = \max\{h_1; h_2\}$
$H_m = \min\{h_1; h_2\}$
d：距離 [km, 〜100km]

この伝搬損失式で計算した結果が自由空間伝搬損失より小さい値を示す場合、L は自由空間伝搬損失値に置き換える。

なお、参表 1-1 に示されている環境（土地区分）は都市部の場合は建物等が密集している地域のことを示す。郊外の場合は樹木、家屋等の散在する田園地帯、郊外の街道筋など移動局近傍に妨害物はあるが密集していない地域のことを示す。開放地場合は電波の到来方向に高い樹木、建物の妨害物がない開けた地域のことを示す。目安として前方 300〜400m 以内が開けているような畑地、田地、野原などが該当する。

本検討では、「Urban（市街地）モデル」を使用した。

参考資料２　調査モデル１及び２における検討結果（シングルエントリシミュレーションの結果）

調査モデル 1（1 対 1 対向モデル）及び調査モデル 2（アンテナ高低差等を考慮したモデル）に基づき、以下の組合せについて、シングルエントリシミュレーションによる干渉検討評価を行った。

参表 2-1　共用検討組合せ

与干渉局	被干渉局	計算結果の図番号	調査モデル	電波伝搬式
TPMS	アマチュア局（固定・パラボラ）	参図 2-1～2-3	モデル 1	自由
		参図 2-4～2-6	モデル 2	自由
	アマチュア局（固定・八木）	参図 2-1～2-3	モデル 1	自由
		参図 2-4～2-6	モデル 2	自由
	アマチュア局（固定・レピータ）	参図 2-1～2-3	モデル 1	自由
		参図 2-4～2-6	モデル 2	自由
	アマチュア局（移動・携帯、車載）	参図 2-1～2-3	モデル 1	自由
		参図 2-4～2-6	モデル 2	自由
	国際輸送用タグシステム	参図 2-25～2-27	モデル 2	自由
RKE	アマチュア局（固定・パラボラ）	参図 2-1～2-3	モデル 1	自由
		参図 2-8～2-10	モデル 2	自由
		参図 2-12～2-15	モデル 2	拡張秦
	アマチュア局（固定・八木）	参図 2-1～2-3	モデル 1	自由
		参図 2-8～2-10	モデル 2	自由
		参図 2-16～2-18	モデル 2	拡張秦
	アマチュア局（固定・レピータ）	参図 2-1～2-3	モデル 1	自由
		参図 2-8～2-10	モデル 2	自由
		参図 2-19～2-21	モデル 2	拡張秦
	アマチュア局（移動・携帯、車載）	参図 2-1～2-3	モデル 1	自由
		参図 2-8～2-10	モデル 2	自由
		参図 2-22～2-24	モデル 2	拡張秦
	国際輸送用タグシステム	参図 2-28～2-30	モデル 1	自由
アマチュア局	TPMS/RKE	参図 2-32	モデル 2	自由
国際輸送用タグシステム	TPMS/RKE	参図 2-33、2-34	モデル 1	自由

※調査モデル 2（拡張秦式モデル）の検討は、RKE とアマチュア局との組合せのみ実施。

TPMS と RKE は同じ技術基準としていることから、調査モデル 1 の検討結果に違いはない。調査モデル 2 では、電波伝搬モデルとして、自由空間伝搬に加え、より実環境に近い伝搬特性となる経験式（拡張秦式モデル（市街地モデル））を用いたシミュレーションも行っている。なお、TPMS と RKE は同じ技術基準としていることから、拡張秦モデルを用いたシミュレーションは、その他損失が小さく、干渉影響がより大きくなることが想定される RKE とアマチュア局の組合せに対してのみ実施し、TPMS からアマチュア局の組合せについては省略した。

１．TPMS/RKE からアマチュア局に対する干渉について

(1)　調査モデル 1（1 対 1 対向モデル）の検討結果

参表 2-2　TPMS/RKE とアマチュア局との共用検討結果（調査モデル 1）

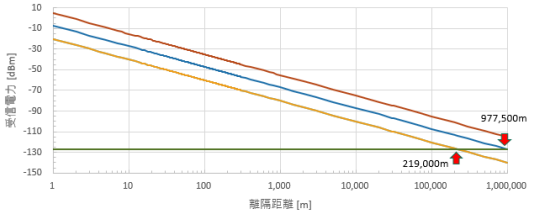
被干渉局	被干渉許容値	利用状況	与干渉局の送信 EIRP（注 1）	所要離隔距離（注 1）
月面反射 （パラボラ）	−127dBm/20kHz	同一	0dBm（1mW）	100km 以上
			−10dBm（0.1mW）	100km 以上
		隣接	−43dBm/20kHz	27,530m
固定運用 （八木）	−127dBm/20kHz	同一	0dBm（1mW）	977,500m
			−10dBm（0.1mW）	309,000m
		隣接	−43dBm/20kHz	6,310m
固定運用（注 2）（注 3） （レピータ） 移動運用（注 3） （携帯・車載）	−127dBm/20kHz	同一	0dBm（1mW）	219,000m
			−10dBm（0.1mW）	69,200m
		隣接	−43dBm/20kHz	1,547m

注 1：送信 EIRP は 20kHz あたりの電力に換算していないため、最悪値における評価となっている。
注 2：レピータは、ホイップアンテナを使用した場合を想定。
注 3：アンテナ高さ等を考慮していないため、固定運用（レピータ）と移動運用（携帯・車載）は同じ結果となっている。

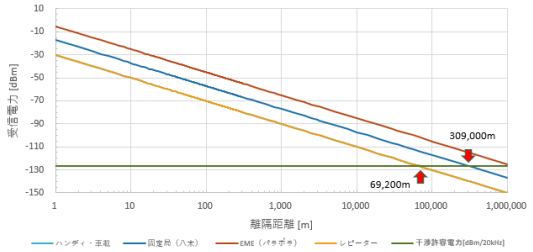
①　TPMS/RKE からアマチュア無線機器への干渉（同一周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	0
Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	1.5
Vrx ANT Gain [dBi]	5, 18, 30
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127

COMMENT:
・Interferer側及びVictim側アンテナ地上高を1.5mに設定し自由空間損失のみを考慮して算出（最悪条件値）
・自由空間損失で計算をしているので、構造物や植樹等の影響を考慮していない
・Itxの実機E.I.R.P.は20kHzあたりの電力に換算していないため、最悪値としての値となっている
・RKEとTPMSのパラメータの違いは無いためVictim側での受信電力は同様の値となる



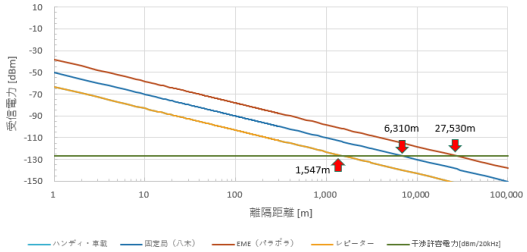
参図2-1　自由空間損失のみ　Itx E.I.R.P.: 0dBm



参図2-2　自由空間損失のみ　Itx E.I.R.P.: -10dBm

②　TPMS/RKE からアマチュア無線機器への干渉（隣接周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	0
Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	1.5
Vrx ANT Gain [dBi]	5, 18, 30
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127



参図2-3　自由空間損失のみ　Itx 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

(2)　調査モデル 2（自由空間伝搬モデルを用いたシミュレーション）の検討結果

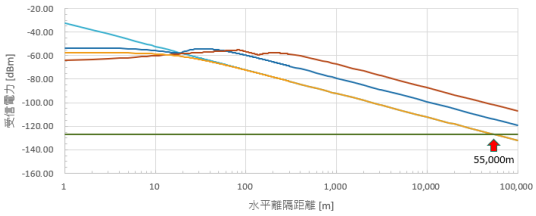
①　TPMS からアマチュア無線機器への干渉（同一周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

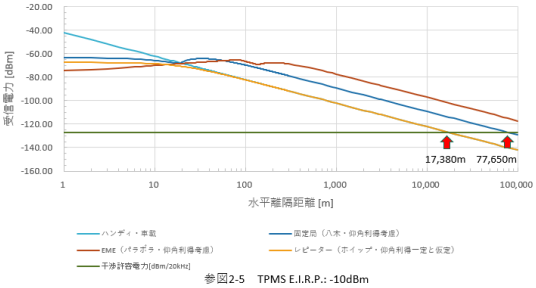
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	0.2～1.5
Tire/Wheel, Car Body Loss [dB]	12

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	1.5, 10, 20
Vrx ANT Gain [dBi]	5, 18, 30
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127

COMMENT:
・タイヤ外装損(2dB)、自動車ボディ損(10dB)及びVictim側アンテナ地上高及びアンテナ指向性特性を考慮したもの
・自由空間損失で計算をしているので、構造物や植樹等の影響を考慮していない
・TPMSの設置高の違い(0.2m及び1.5m)による干渉許容電力と同等となる離隔距離は変化がないのでTPMS地上高1.5mの結果のみ掲載
・Itxの実機E.I.R.P.は20kHzあたりの電力に換算していないため、最悪値としての値となっている



参図2-4　TPMS E.I.R.P.: 0dBm



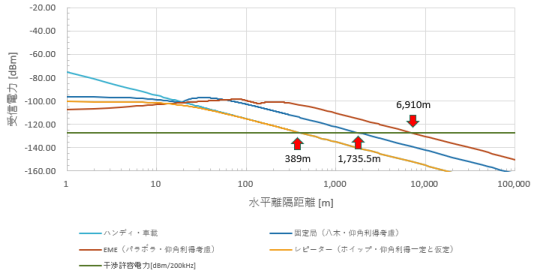
参図2-5　TPMS E.I.R.P.: -10dBm

②　TPMS からアマチュア無線機器への干渉（隣接周波数利用）

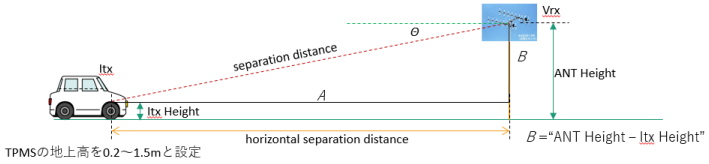
Speed of Light [m/s]	299,792,458

Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	0.2～1.5
Tire/Wheel, Car Body Loss [dB]	12

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	1.5, 10, 20
Vrx ANT Gain [dBi]	5, 18, 30
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127



参図2-6　TPMS帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)



参図2-7　シミュレーションモデル

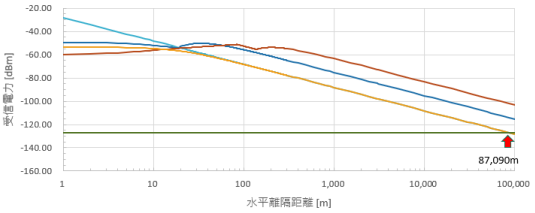
③　RKE からアマチュア無線機器への干渉（同一周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

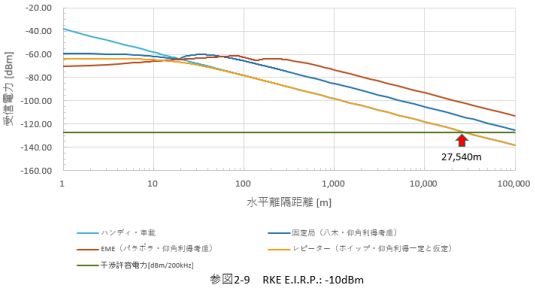
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	8

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	1.5, 10, 20
Vrx ANT Gain [dBi]	5, 18, 30
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127

COMMENT:
・人体損失及びVictim側アンテナ地上高及びアンテナ指向性特性を考慮したもの
・自由空間損失で計算をしているので、構造物や植樹等の影響を考慮していない
・Itxの実機E.I.R.P.は20kHzあたりの電力に換算していないため、最悪値としての値となっている



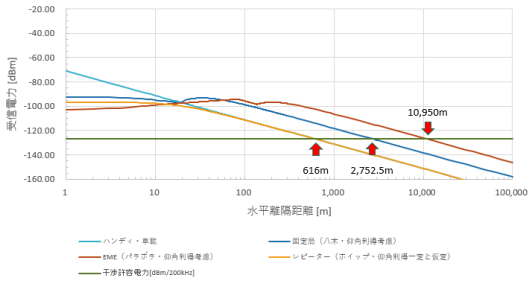
参図2-8　RKE E.I.R.P.: 0dBm



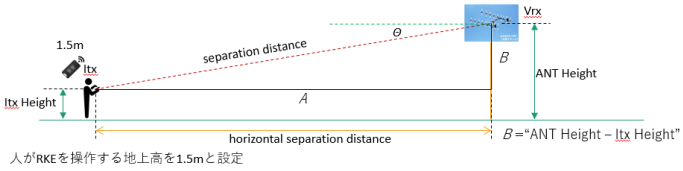
参図2-9　RKE E.I.R.P.: -10dBm

④ RKE からアマチュア無線機器への干渉（隣接周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	8
Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	1.5, 10, 20
Vrx ANT Gain [dBi]	5, 18, 30
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127



参図2-10　RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)



参図2-11　シミュレーションモデル

(3) 調査モデル 2（拡張秦式モデルを用いたシミュレーション）の検討結果

参表 2-3　TPMS/RKE とアマチュア局との共用検討結果（調査モデル 2）

与干渉局	被干渉局	被干渉許容値	与干渉局の送信 EIRP（注 1）	利用状況	伝搬モデル	所要離隔距離（注 1）
TPMS	月面反射（パラボラ）	-127dBm /20kHz	0dBm（1mW）	同一	自由空間	100km 以上
			-10dBm（0.1mW）		自由空間	100km 以上
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	6,910m
	固定運用（八木）	-127dBm /20kHz	0dBm（1mW）	同一	自由空間	100km 以上
			-10dBm（0.1mW）		自由空間	77,650m
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	1,735.5m
	固定運用（レピータ）	-127dBm /20kHz	0dBm（1mW）	同一	自由空間	55,000m
			-10dBm（0.1mW）		自由空間	17,380m
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	399m
	移動運用（携帯・車載）	-127dBm /20kHz	0dBm（1mW）	同一	自由空間	55,000m
			-10dBm（0.1mW）		自由空間	17,380m
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	399m
RKE	月面反射（パラボラ）	-127dBm /20kHz	0dBm（1mW）	同一	自由空間	100km 以上
					拡張秦（市街地）	1,340.5m
			-10dBm（0.1mW）		自由空間	100km 以上
					拡張秦（市街地）	792m
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	10,950m
					拡張秦（市街地）	139.3m
			-65dBm/20kHz		拡張秦（市街地）	100m 未満
	固定運用（八木）	-127dBm /20kHz	0dBm（1mW）	同一	自由空間	100km 以上
					拡張秦（市街地）	712.8m
			-10dBm（0.1mW）		自由空間	100km 以上
					拡張秦（市街地）	421m
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	2,752.5m
					拡張秦（市街地）	100m 未満
	固定運用（レピータ）（ホイップ）	-127dBm /20kHz	0dBm（1mW）	同一	自由空間	87,090m
					拡張秦（市街地）	1572m
			-10dBm（0.1mW）		自由空間	27,540m
					拡張秦（市街地）	929m

			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	616m
					拡張秦(市街地)	163.5m
	固定運用（レピータ）（コリニアアンテナ）	-127dBm/20kHz	0dBm(1mW)	同一	拡張秦(市街地)	2,273m(注 2)
			-10dBm(0.1mW)		拡張秦(市街地)	1,342.5m(注 2)
			-43dBm/20kHz	隣接	拡張秦(市街地)	236.2m(注 2)
	移動運用（携帯・車載）	-127dBm/20kHz	0dBm(1mW)	同一	自由空間	87,090m
					拡張秦(市街地)	134.3m
			-10dBm(0.1mW)		自由空間	27,540m
					拡張秦(市街地)	100m 未満
			-43dBm/20kHz	隣接	自由空間	616m
					拡張秦(市街地)	100m 未満

注 1：送信 EIRP は 20kHz あたりの電力に換算していないため、最悪値における評価となっている。

注 2：個別のグラフはなし。

【拡張秦式モデルにおける地形区分と主な特徴】

地形区分	主な地形の特徴
市街地	ビル、２階以上の家屋の密集地、都市内大きな町内、高い樹木の混合密集した地域
郊外地	移動局近傍に妨害物あるが、密集していない地域
開放地	電波到来方向に妨害がなく開けた地域

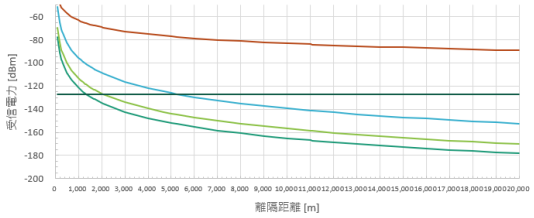
① RKE からアマチュア無線機器（固定・パラボラ）への干渉（同一周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

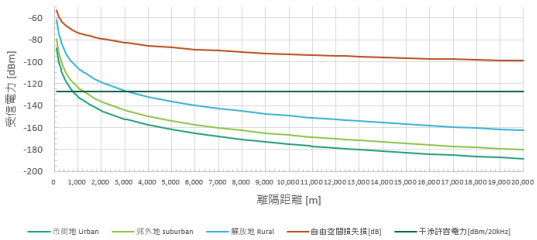
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	8

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	10
Vrx ANT Gain [dBi]	30
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127

COMMENT:
・人体損失及びVictim側アンテナ地上高は考慮しているが、アンテナ指向性特性は考慮していない
・Itxの実機E.I.R.P.は20kHzあたりの電力に換算していないため、最悪値としての値となっている
・拡張泰式伝搬損失モデルに倣い、離隔距離100m～20kmでのシミュレーションを実施



参図2-12　RKE E.I.R.P.: 0dBm



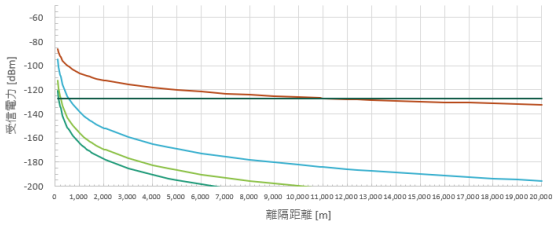
参図2-13　RKE E.I.R.P.: -10dBm

② RKE からアマチュア無線機器（固定・パラボラ）への干渉（隣接周波数利用）

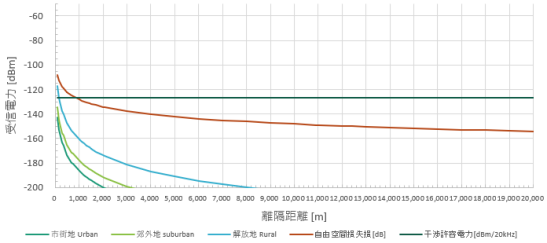
Speed of Light [m/s]	299,792,458

Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	8

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	10
Vrx ANT Gain [dBi]	30
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127



参図2-14　RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)



参図2-15　RKE 帯域外実力値 -65.0dBm/20kHz

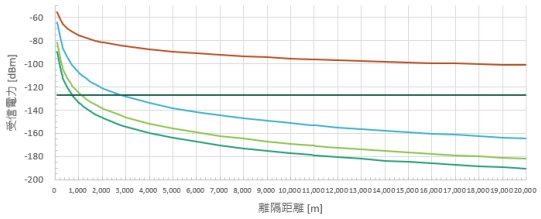
③ RKE からアマチュア無線機器（固定・八木）への干渉（同一周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

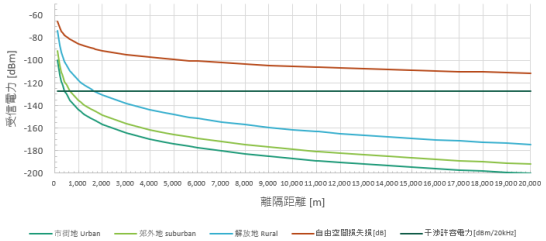
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	8

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	10
Vrx ANT Gain [dBi]	18
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127

COMMENT:
・人体損失及びVictim側アンテナ地上高は考慮しているが、アンテナ指向性特性は考慮していない
・Itxの実機E.I.R.P.は20kHzあたりの電力に換算していないため、最悪値としての値となっている
・拡張泰式伝搬損失モデルに倣い、離隔距離100m～20kmでのシミュレーションを実施



参図2-16　RKE E.I.R.P.: 0dBm



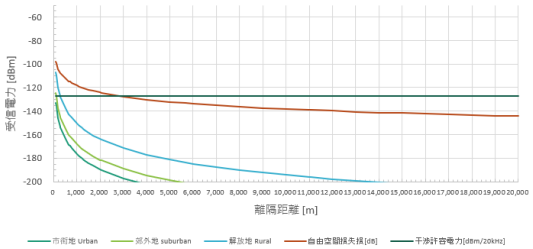
参図2-17　RKE E.I.R.P.: -10dBm

④ RKE からアマチュア無線機器（固定・八木）への干渉（隣接周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	8

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	10
Vrx ANT Gain [dBi]	18
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127



参図2-18　RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

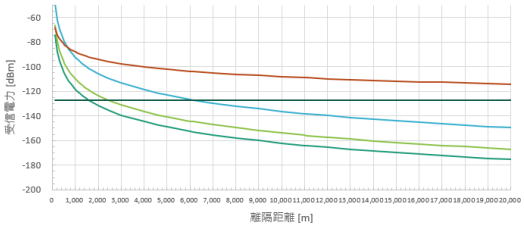
⑤ RKE からアマチュア無線機器（固定・レピータ）への干渉（同一周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

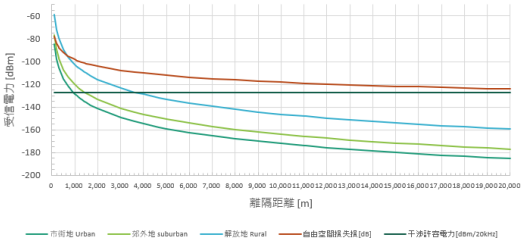
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	8

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	20
Vrx ANT Gain [dBi]	5
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127

COMMENT:
・人体損失及びVictim側アンテナ地上高は考慮しているが、アンテナ指向性特性は考慮していない
・Itxの実機E.I.R.P.は20kHzあたりの電力に換算していないため、最悪値としての値となっている
・拡張泰式伝搬損失モデルに倣い、離隔距離100m～20kmでのシミュレーションを実施



参図2-19　RKE E.I.R.P.: 0dBm



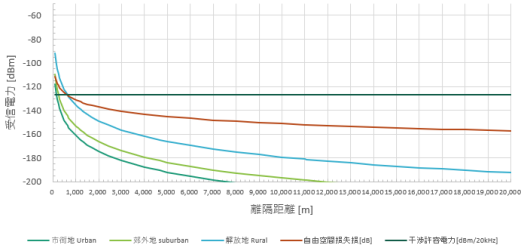
参図2-20　RKE E.I.R.P.: -10dBm

⑥ RKE からアマチュア無線機器（固定・レピータ）への干渉（隣接周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	8

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	20
Vrx ANT Gain [dBi]	5
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127



参図2-21　RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

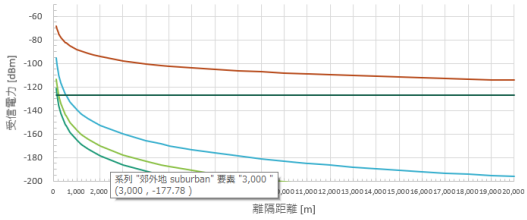
⑦ RKE からアマチュア無線機器（移動・携帯、車載）への干渉（同一周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

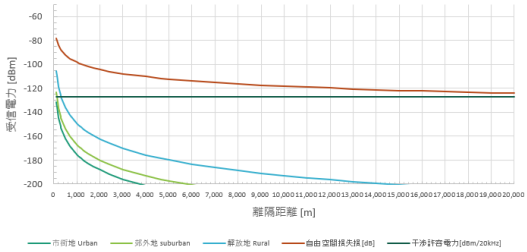
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	8

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	1.5
Vrx ANT Gain [dBi]	5
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127

COMMENT:
・人体損失及びVictim側アンテナ地上高は考慮しているが、アンテナ指向性特性は考慮していない
・Itxの実機E.I.R.P.は20kHzあたりの電力に換算していないため、最悪値としての値となっている
・拡張泰式伝搬損失モデルに倣い、離隔距離100m～20kmでのシミュレーションを実施



参図2-22　RKE E.I.R.P.: 0dBm



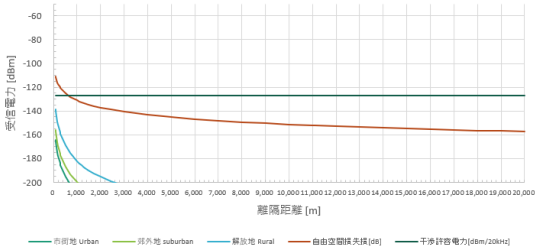
参図2-23　RKE E.I.R.P.: -10dBm

⑧ RKE からアマチュア無線機器（移動・携帯、車載）への干渉（隣接周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	8

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	1.5
Vrx ANT Gain [dBi]	5
Interference allowable power [dBm/20kHz]	-127



参図2-24　RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

２．TPMS/RKE から国際輸送用タグシステムに対する干渉について

(1)　TPMS から国際輸送用タグシステムへの干渉検討の結果に関する検討結果（自由空間伝搬モデルを用いたシミュレーション結果）

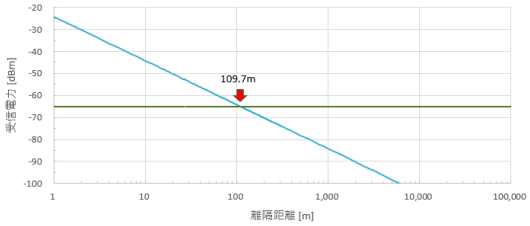
①　TPMS から国際輸送用タグシステムへの干渉（同一周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

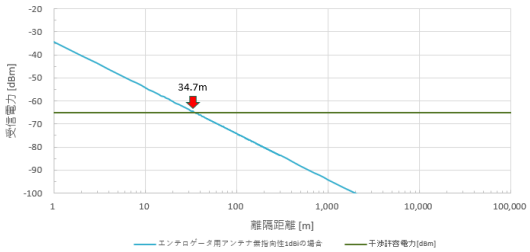
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	2
Tire/Wheel, Car Body Loss [dB]	0

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	4
Vrx ANT Gain [dBi]	1
Interference allowable power [dBm]	-65

COMMENT:
・自由空間損失のみを考慮して算出（最悪条件値）
・タイヤ外装損、自動車ボディ損及び人体損失及びVictim側アンテナ地上高及びアンテナ指向性特性を考慮していない
・自由空間損失で計算をしているので、構造物や植樹等の影響を考慮していない
・TPMSの設置高の違い(0.2m及び1.5m)による干渉許容電力と同等となる離隔距離は変化がないのでTPMS地上高1.5mの結果のみ掲載



参図2-25　自由空間損失のみ　TPMS E.I.R.P.: 0dBm



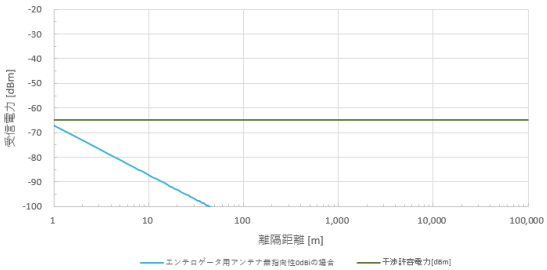
参図2-26　自由空間損失のみ　TPMS E.I.R.P.: -10dBm

②　TPMS から国際輸送用タグシステムへの干渉（隣接周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	2
Tire/Wheel, Car Body Loss [dB]	0

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	4
Vrx ANT Gain [dBi]	1
Interference allowable power [dBm]	-65



参図2-27　自由空間損失のみ　TPMS 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

(2) RKE から国際輸送用タグシステムへの干渉検討の結果に関する検討結果（自由空間伝搬モデルを用いたシミュレーション結果）

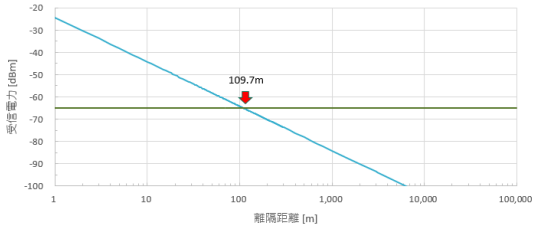
① RKE から国際輸送用タグシステムへの干渉（同一周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

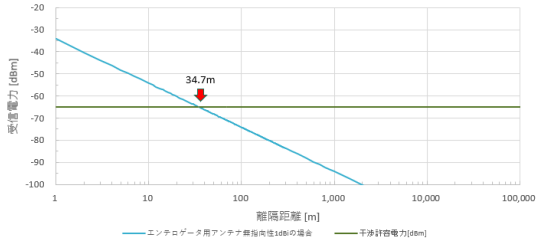
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	0

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	4
Vrx ANT Gain [dBi]	1
Interference allowable power [dBm]	-65

COMMENT:
・自由空間損失のみを考慮して算出（最悪条件値）
・人体損失及びVictim側アンテナ地上高及びアンテナ指向性特性を考慮していない
・自由空間損失で計算をしているので、構造物や植樹等の影響を考慮していない



参図2-28 自由空間損失のみ RKE E.I.R.P.: 0dBm



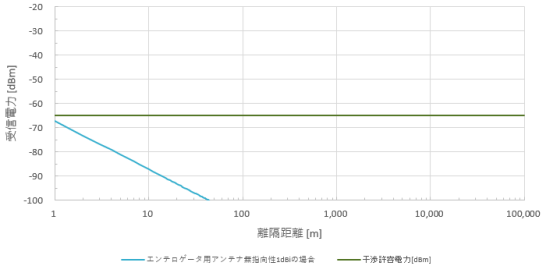
参図2-29 自由空間損失のみ RKE E.I.R.P.: -10dBm

② RKE から国際輸送用タグシステムへの干渉（隣接周波数利用）

Speed of Light [m/s]	299,792,458

Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0, -10
Itx Antenna Height [m]	1.5
Human Body Shadowing Loss [dB]	0

Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	4
Vrx ANT Gain [dBi]	1
Interference allowable power [dBm]	-65

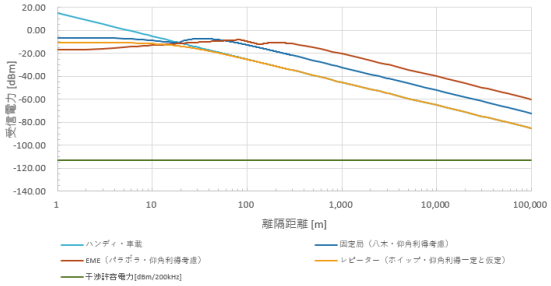


参図2-30 自由空間損失のみ RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

３．アマチュア局から TPMS/RKE に対する干渉について

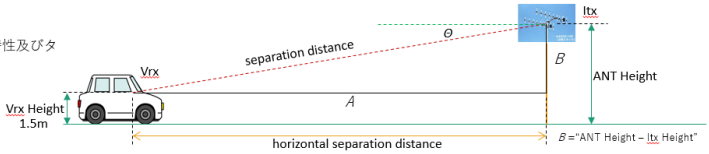
(1)　アマチュア局から TPMS/RKE への干渉検討の結果に関する検討結果（自由空間伝搬モデルを用いたシミュレーション結果）

Speed of Light [m/s]	299,792,458
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	46.99
Itx Antenna Gain [dBi]	5, 18, 30
Itx Antenna Height [m]	1.5, 10, 20
Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	1.5
Vrx ANT Gain [dBi]	0
Tire/Wheel, Car Body Loss [dB]	12
Interference allowable power [dBm/200kHz]	-113



参図2-31　アマチュア無線機器からTPMS

COMMENT:
・Interferer側アンテナ地上高、アンテナ指向性特性及びタイヤ外装損(2dB)、自動車ボディ損(10dB) を考慮
・Itxの通信方式による違いを考慮していない

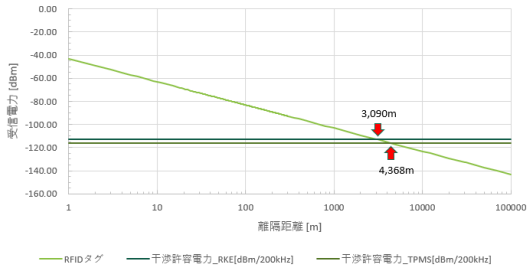


参図2-32　シミュレーションモデル

４．国際輸送用タグシステムから TPMS/RKE に対する干渉について

(1)　国際輸送用タグシステム（アクティブタグ）から TPMS/RKE への干渉検討の結果に関する検討結果（自由空間伝搬モデルを用いたシミュレーション結果）

Speed of Light [m/s]	299,792,458
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	0
Itx Antenna Gain [dBi]	-6
Itx Antenna Height [m]	2
Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	2
Vrx ANT Gain [dBi]	0
Tire/Wheel, Car Body Loss [dB]	12
Interference allowable power [dBm]	-113, -116



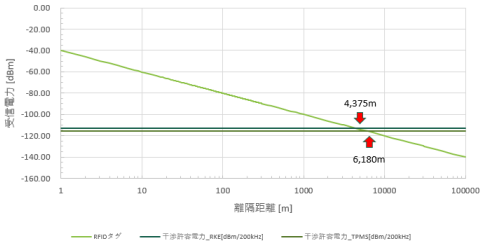
参図2-33　自由空間損失のみ

COMMENT:
・自由空間損失及びタイヤ外装損(2dB)、自動車ボディ損(10dB)を考慮して算出
・Victim側アンテナ地上高及びアンテナ指向性特性を考慮していない
・自由空間損失で計算をしているので、構造物や植樹等の影響を考慮していない

(2)　国際輸送用タグシステム（インテロゲータ）から TPMS/RKE への干渉検討の結果に関する検討結果（自由空間伝搬モデルを用いたシミュレーション結果）

Speed of Light [m/s]	299,792,458
Interferer TX freq. [MHz]	433.92
Itx freq. wave-length(λ)[m]	0.69089
Itx Antenna Power (E.I.R.P.) [dBm]	-3.98
Itx Antenna Gain [dBi]	1
Itx Antenna Height [m]	4
Victim RX freq. [MHz]	433.92
Vrx ANT Height [m]	2
Vrx ANT Gain [dBi]	0
Tire/Wheel, Car Body Loss [dB]	12
Interference allowable power [dBm]	-113, -116

COMMENT:
・自由空間損失及びタイヤ外装損(2dB)、自動車ボディ損(10dB)を考慮して算出
・Victim側アンテナ地上高及びアンテナ指向性特性を考慮していない
・自由空間損失で計算をしているので、構造物や植樹等の影響を考慮していない



参図2-34　自由空間損失のみ

５．検討に用いた各システムの諸元等

検討に用いた各システムの諸元は、以下のとおり。

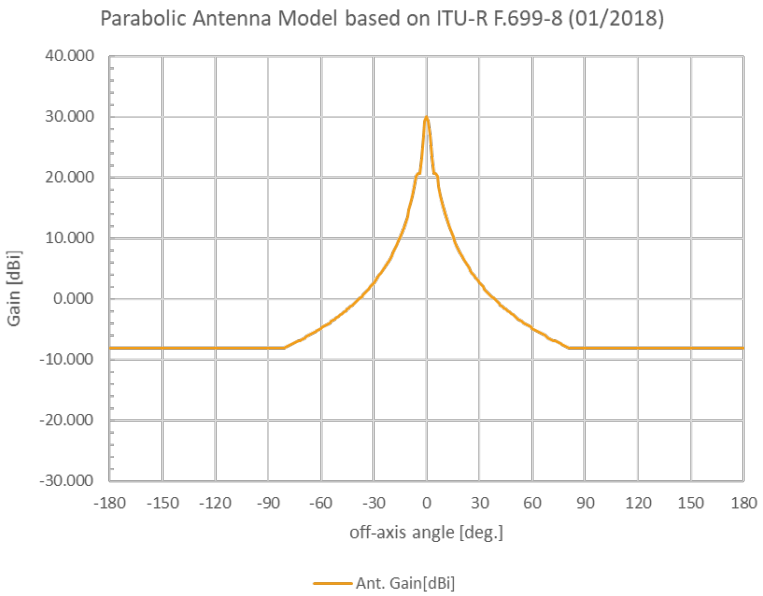
参表 2-4　共用検討のための 433MHz 帯 TPMS/RKE の諸元

	433MHz 帯 TPMS/RKE の諸元（共用検討用）
電波の型式	指定しない（F1D、A1D を想定）
変調方式	指定しない（F1D、A1D を想定）
周波数	433.92MHz
占有周波数帯幅	250kHz（433.795-434.045MHz）
空中線電力（EIRP）	1mW
空中線特性	無指向性
送信時間制限	1 回当たりの送信時間 1 秒以内（1 時間当たり 360 秒以内）かつ送信休止時間 1 ミリ秒以上
不要発射の強度の許容値（EIRP）	1GHz 以下（433.795～434.045MHz を除く）：250nW/100kHz 1GHz 超：1μW/MHz
シミュレーションを行う地上高	RKE:　1.5m、 TPMS:　1.5m（但し、タイヤ外周距離に依るので、必要に応じて 0.2m から評価）
その他損失	RKE:　人体吸収損　8dB、 TPMS:　タイヤ外装損　2dB、自動車ボディー損　10dB
許容干渉電力	RKE:　-113dBm、 TPMS: -116dBm（最悪値）

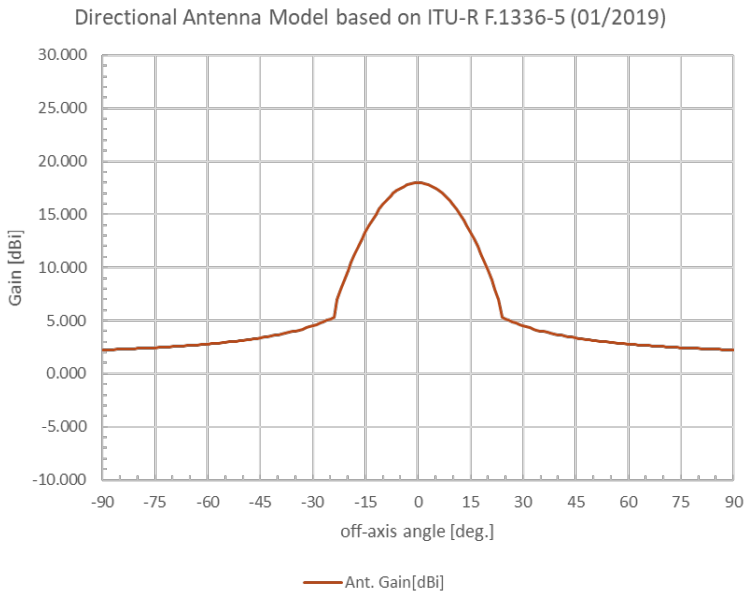
参表 2-5　共用検討のためのアマチュア無線の一般的諸元

運用形態	固定運用		移動運用		固定運用（レピータ）	
			車載	ハンディ		
主な用途	EME	広域の電信・電話・画像			レピータ	
アンテナタイプ	パラボラ	八木	ホイップ		ホイップ	コリニアアンテナ
空中線利得	30dBi	18dBi	5dBi		5dBi	12dBi
許容干渉電力	-127dBm/20kHz（-110dBm/MHz を 20kHz に換算）					

空中線高	10m	1.5m	1.5m	20m
送信電力	50W 以下 （100mW 程度の携帯型機から 50W の固定型機や車載機まで。ただし、月面反射通信を行う局では 500W 以下）			



参図 2-35　パラボラアンテナのアンテナモデル（Gain: 30dBi）



参図 2-36　八木アンテナのアンテナモデル（15 エレ）
（Gain: 18dBi, HPBA: 24deg）

参表 2-6　共用検討のための国際輸送用タグシステムの諸元

	国際輸送用データ伝送システム（アクティブタグ）	国際輸送用データ制御装置（インテロゲータ）
電波の型式	指定しない	
変調方式	指定しない	
周波数（指定周波数帯）	433.92MHz（433.67～434.17MHz）	
周波数偏差	4ppm 以下又は指定周波数帯による	
占有周波数帯幅	200kHz 以下	500kHz 以下
空中線電力（EIRP）	1mW 以下	400μW 以下、 始動信号は 100μW 以下
空中線電力の許容偏差	+20%以下	
不要発射の強度の許容値（EIRP）	1GHz 以下（433.67～434.17MHz を除く）：250nW/100kHz 1GHz 超：1μW/MHz	
送信時間制限	送信時間 1 秒以内 （1 時間当たり 360 秒以内）かつ送信休止時間 1 ミリ秒以上	
	―	始動信号: 2.7 秒以内、1 時間当たり 1440 秒以下
シミュレーションを行う地上高	2.0m	2～50m
許容干渉電力	-65dBm	

参考資料３　実機試験について

433MHz 帯 TPMS/RKE とアマチュア局との周波数共用について、実際の混信の状況等の確認や共存可能性の検討に活用するため、実機を用いた検討を行った。

実機試験は、自動車等の試験に用いられるテストコースを使用して行った。TPMS の送信は、任意で行うことはできず、駐車状態では極めて低頻度の発信しか行われないため、試験にあたり自動車を走行させる必要があることから、半径 40m の周回コースを、433MHz 帯 TPMS を装着した自動車に走行させ、その近傍にアマチュア無線機等の測定器を設置して試験を行った。また、RKE は、試験現場の全体図に記載した①～⑥のポイントに自動車を移動させ、測定ポイントに設置したアマチュア無線機器に対する混信状況やそれによる音声品質の劣化等について評価を行った。

また、アマチュア局から RKE への干渉についても、実機を用いた試験を行った。

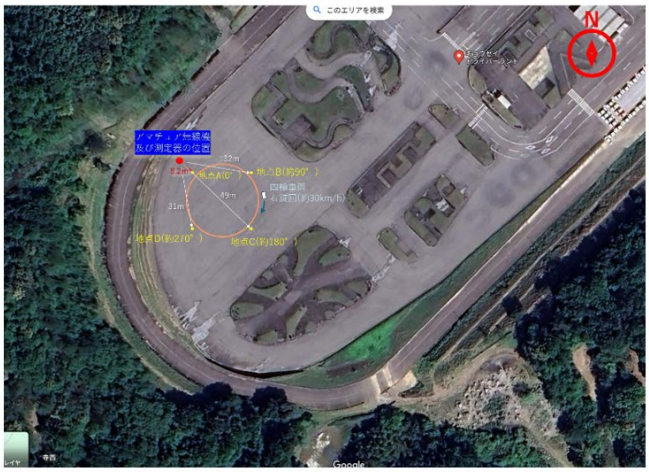
試験現場の全体図

測定ポイント	距離
①	8.2m
②	約 50m
③	約 100m
④	約 250m
⑤	約 300m※遮蔽物有り
⑥	約 350m

※④はアマチュア無線局からRKEの干渉試験のみ実施。

※⑥は車の向きを複数回変えて試験を実施。

測定器の配置場所と周回コース



参図 3-1　試験場所の全体図及び測定器の配置場所等

実機試験に用いた 433MHz 帯 TPMS/RKE の諸元は表参 3-1 のとおりであり、アマチュア無線機は、アイコム社製 IC-9700 を用いた。

参表 3-1　実機試験に用いた 433MHz 帯 TPMS/RKE の諸元

試験機器	種類	変調方式	等価等方輻射電力(EIRP)		空中線利得	空中線電力	
TPMS	TPMS	2 値 FSK	-9.38 dBm	0.1153mW	-10.00dBi	0.62dBm	1.154mW
		2 値 FSK	-8.88 dBm	0.1294mW	-10.00dBi	1.12dBm	1.295mW
		2 値 FSK	-9.62 dBm	0.1091mW	-10.00dBi	0.38dBm	1.092mW
		2 値 FSK	-9.24 dBm	0.1191mW	-10.00dBi	0.76dBm	1.192mW
RKE2	RKE	2 値 FSK	-12.69dBm	0.0538mW	-10.00dBi	-2.69dBm	0.539mW
RKE3		2 値 FSK	-12.05dBm	0.0624mW	-10.00dBi	-2.05dBm	0.624mW
RKE4		ASK	-13.34dBm	0.0463mW	-10.00dBi	-3.34dBm	0.464mW
RKE5		2 値 FSK	-16.45dBm	0.0226mW	-10.00dBi	-6.45dBm	0.227mW

参表 3-2　実機試験に用いたアマチュア無線機（アイコム社製 IC-9700）の主な諸元

周波数帯	144.000MHz～146.000MHz 430.000MHz～440.000MHz 1260.000MHz～1300.000MHz	
モード	SSB、CW、RTTY、AM、FM、DV、DD	
周波数分解能	1Hz	
受信感度	SSB/CW(10dB S/N)：－19dBμV (0.11μV)以下 AM(10dB S/N)：0dBμV (1.0μV)以下 FM(12dB SINAD)：－15dBμV (0.18μV)以下 DV(1% BER)(PN9)：－9dBμV (0.35μV)以下 DD(1% BER)(PN9)：4dBμV (1.59μV)以下	プリアンプ：ON フィルタ：SOFT 時
選択度	AM(BW=6kHz)：6.0kHz 以上/－3dB、15kHz 以下/－60dB FM(BW=15kHz)：12.0kHz 以上/－6dB、20kHz 以下/－60dB DV(CH スペーシング=12.5kHz)：－50dB 以下 DD(CH スペーシング=300kHz)：－40dB 以下	
オーディオインピーダンス	8Ω	

1．実聴試験の手法等について

実機試験における実聴試験については、以下の方法で行った。

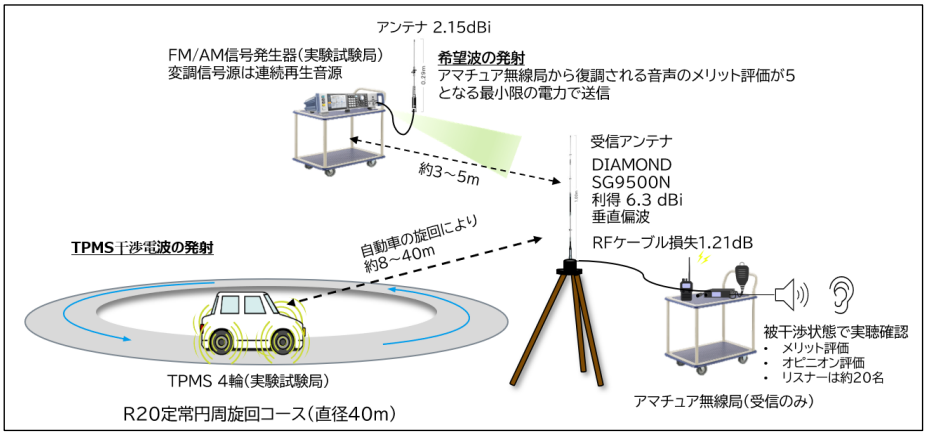
- アマチュア無線局の FM 変調波による音声通話状態において混信の影響を確認する。
- アナログ信号発生器からアマチュア無線局に対し FM 変調の電波の発射を行い、アマチュア無線局はそれを弱電界で受信している状態(※1)にする。

  ※1　SINAD 計を用い、12dBSINAD となるよう測定値を観測しながらアナログ信号発生器(1kHz トーン，デビエーション 3.5kHz)から発射する電波の強度を調節

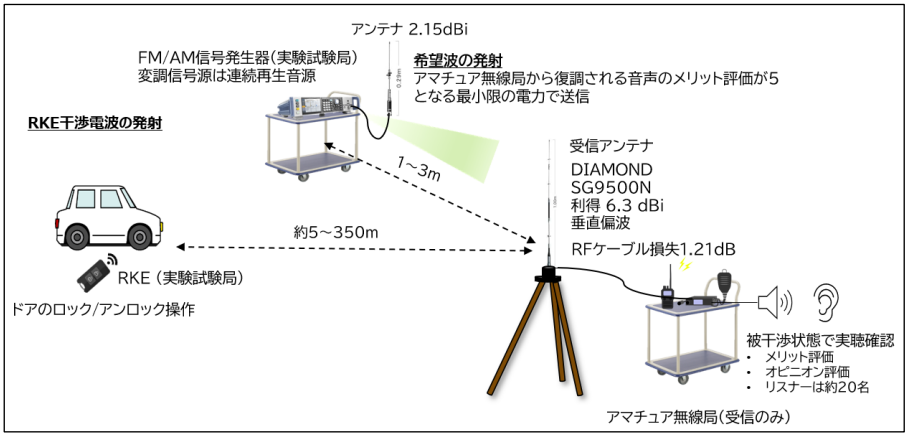
- 全てのタイヤに TPMS を装着した自動車を定常円周旋回コース上で走行させ、弱電界受信状態のアマチュア無線機において TPMS から発射される電波により、混信等が発生するか否か、音声通話において支障があるかどうかについてテスト音声(※2)の実聴で確認を行う。

  ※2　テスト音声は、ITU-T P.501 (2020) Test signals for use in telephony and other speech-based applications, Annex C - ITU-T P.800 準拠アプリケーションおよび知覚に基づく客観的な音声品質予測で使用するために作成された音声ファイルを用いた。

- RKE については、アマチュア無線機でテスト音声等を受信した状態で RKE より電波を発射し、TPMS と同様に混信等が発生するか否か、音声通話において支障があるかどうかについてテスト音声の実聴で確認を行う。



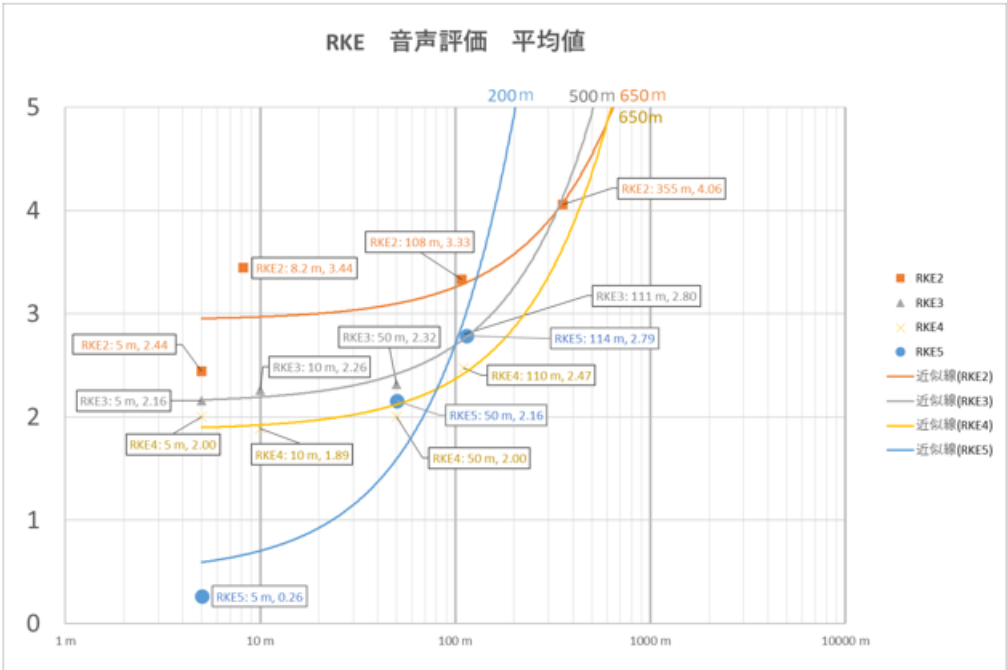
参図 3-2　TPMS からの干渉波による実聴評価の試験系



参図 3-3　RKE からの干渉波による実聴評価の試験系

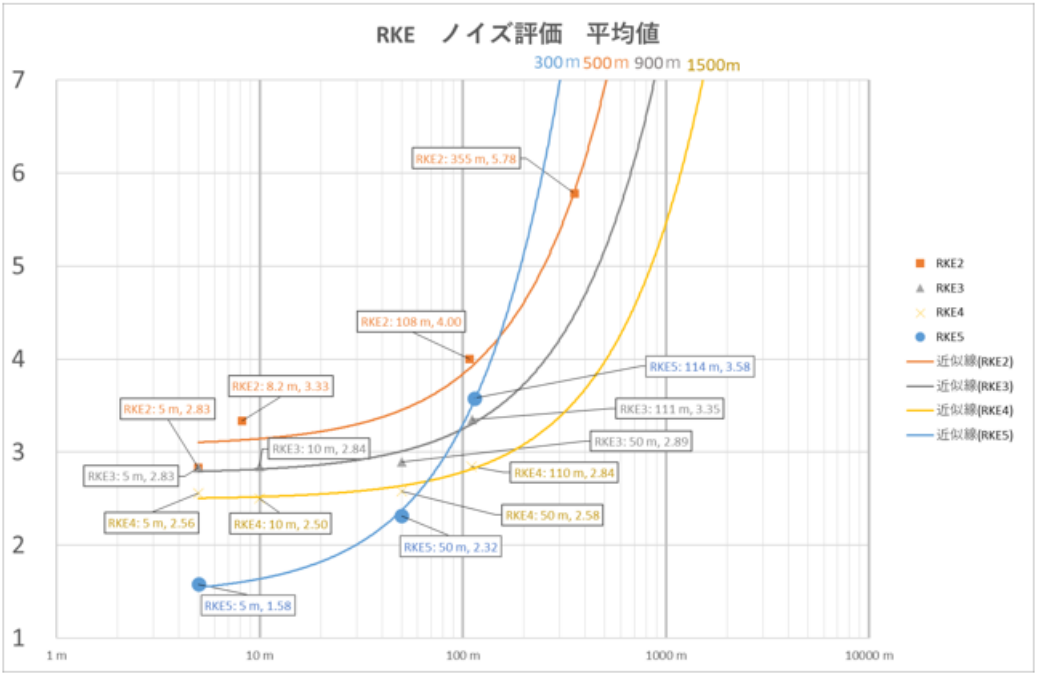
２．実聴試験の結果について

実聴試験に参加した各評価者の主観評価の取りまとめ結果は、【付録】実聴評価の取りまとめ結果（１）～（２）のとおりであり、評価者全員の評価結果の平均値は以下のとおり。



レベル	評価	内容
5	非常に良い	はっきりと聞こえる
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない
0	入感しない	相手が送信していることがわからない

参図 3-4　音声に対するメリット評価の結果まとめ



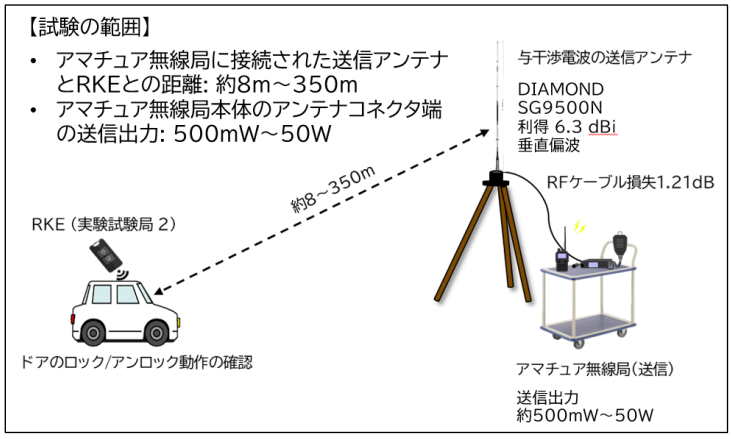
レベル	評価	内容
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度
4	中程度	ノイズがやや気になる
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音

参図 3-5　ノイズの検出に対するオピニオン評価結果まとめ

３．アマチュア局から RKE への干渉試験について

アマチュア局が TPMS/RKE の操作に与える干渉状況を確認するため、実機を用いた試験を行った。なお、TPMS は、送信を任意で行うことができないため、試験には RKE のみを用いた。

試験では、参図 3-1 の全体図に記載した①～⑥のポイントに自動車を移動させ、自動車近傍で RKE を操作し、測定ポイントに設置したアマチュア無線機器からの干渉波が RKE の操作に与える影響を確認した。



参図 3-6　アマチュア局からの干渉試験の試験系

４．アマチュア局から RKE への干渉試験の結果

アマチュア局からの干渉波が RKE の操作に与える影響は、【付録】実聴評価の取りまとめ結果（３）のとおりであり、試験の結果から、以下のことが確認できた。

(1)RKE 受信フィルタの抑圧特性について

アマチュア局近傍で RKE を動作させた場合の結果は、参表 3-3 のとおり。

周波数を 900kHz 以上離調した場合には、アマチュア局が 50W で送信した場合でも RKE の動作に影響は見られなかった。

参表 3-3　アマチュア局から RKE への干渉試験の結果（距離 8.2m）

【測定位置①8.2m】

周波数（MHz）	433.92MHz からの離調周波数（MHz）	出力（W）	RKE 動作
432.92 MHz	-1 MHz	50 W	○
433.02 MHz	-0.9 MHz	50 W	○
433.12 MHz	-0.8 MHz	5 W	○
		10 W	×
		50 W	×
433.42 MHz	-0.5 MHz	0.5 W	×
		1 W	×
		2 W	×
		5 W	×
433.92 MHz	0	0.5 W	×
		1 W	×
		2 W	×
		5 W	×

RKE の動作判定

○	動作する
×	動作しない
△	動作が不安定

(2)アマチュア局から離れた場所における RKE の動作について

アマチュア局から離れた場所で RKE を動作させた場合の結果は、参表 3-4 のとおり。アマチュア局が送信電力を 5W 以上で送信した場合、300m の距離でも TPMS/RKE が動作不能となることが確認された。

参表 3-4　アマチュア局から RKE への干渉試験の結果（距離 311m、360m）

【測定位置⑤311m、遮蔽物あり】

周波数（MHz）	出力（W）	RKE 動作
433.92 MHz	2 W	○
	3 W	○
	4 W	○
	5 W	△
	6 W	×
	7 W	×
	8 W	×
	9 W	×
	10 W	×
	25 W	×
	50 W	×

RKE の動作判定

○	動作する
×	動作しない
△	動作が不安定

【測定位置⑥-3　360m、干渉波の到来が最も小さくなる条件を想定】

周波数（MHz）	出力（W）	RKE 動作
433.92 MHz	7 W	○
	8 W	△
	10 W	△
	25 W	×
	50 W	×

RKE の動作判定

○	動作する
×	動作しない
△	動作が不安定

５．実機試験の結果に基づく干渉許容電力の推定

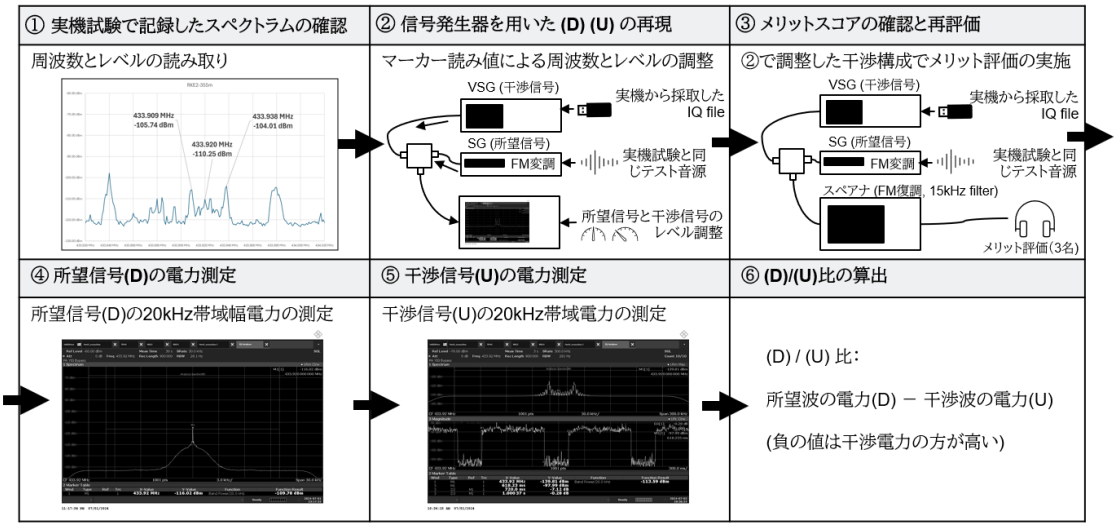
本検討においては、アマチュア無線機の最小受信感度に基づき、机上検討におけるアマチュア局の許容干渉電力を-127dBm/20kHz と設定した。

一方で、本検討において対象としている 433.92MHz 付近は、FM による音声通話用として主に使用されており、同帯域で運用するアマチュア局の交信実態（音声品質、ノイズ等）を考慮した場合、音声通話に大きな支障が出るレベルに至るまでには更に一定のマージンが存在すると考えられる。

そこで、実運用を想定した共存可能性の検討に活用するため、実機試験で得られた結果に基づき、同帯域のアマチュア無線の交信に大きな支障が出ないと考えられる音質評価 3 以上を確保するために必要な許容受信電力の推定を行った。

(1)検討手順について

以下の手順により、実機試験の結果に基づき、音質評価 3 以上を確保するために必要な許容干渉電力の推定を行った。



- FM 受信に対する干渉許容電力のみについて検討を行う。
- 許容値の検討材料として、通信品質が 3 以上（メリット 4 及び 3）となる場合について検討。
- （参考）　メリット 4 ＝ 「良い」:若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる
　　メリット 3 ＝ 「普通」:ノイズや強弱があるが通信は可能
- 信号発生器とスペアナを用い、実機試験の結果と同等の電波環境を再現して電力を測定。
- F1D の RKE の干渉モデルは、RKE2 を採用。実機試験でメリット 4.05 となった、355m 地点の電波環境を、メリット 4 として測定し、メリット 3 の電波環境は、干渉用信号発生器のレベルを操作しながら音質評価によって構成。

- A1D の RKE の干渉モデルは、RKE4 を採用。実機試験でメリット 2.47 となった、110m 地点の電波環境を構成し、そこを起点として、干渉用信号発生器のレベル操作を行い、メリット 4、メリット 3 となる環境を構成。
- TPMS は走行試験で記録した電波環境を再現し、そこを起点として、干渉用信号発生器のレベルを操作しながら、メリット 3、メリット 4 となる環境を構成。
- 実機試験の実聴評価で採取した録音データから、メリット 4 と 3 の通信の劣化具合を参照し、3 名のリスナーによって、再現環境でも同等の劣化具合になる（すなわちメリット 4 及び 3 になる）ことを確認。
- 信号発生器から加える RKE, TPMS の干渉波は実験試験局から採取した IQ 波形ファイルを使用。

参図 3-7　許容干渉電力の推定のための手順

(2) 音質評価 4 及び 3 を想定したアマチュア局の許容干渉電力の推定結果

実機試験に基づき推定した、音質評価 4 及び 3 を確保するために必要なアマチュア局の許容干渉電力は以下のとおり。

実機試験におけるアマチュア無線局の FM 信号の受信電力の推定値 注：空中線に到来する電力であり、空中線利得は考慮していない	-109.78 dBm/20kHz

【メリット 3　に相当する干渉電力と D/U 比】

与干渉器	再生した干渉波の中心周波数	20kHz 帯域幅電力	D/U 比
RKE2 (F1D)	433.922366210 MHz	-107.94 dBm	-1.84 dB
RKE4 (A1D)	433.924000000 MHz	-96.91 dBm	-12.87 dB
TPMS (F1D)	433.907700000 MHz	-46.63 dBm	-63.15 dB

【メリット 4　に相当する干渉電力と D/U 比】

与干渉器	再生した干渉波の中心周波数	20kHz 帯域幅電力	D/U 比
RKE2 (F1D)	433.922366210 MHz	-112.84 dBm	3.06 dB
RKE4 (A1D)	433.924000000 MHz	-118.80 dBm	9.02 dB
TPMS (F1D)	433.907700000 MHz	-48.92 dBm	-60.86 dB

６．実機試験の結果のまとめと考察

実機試験で得られた結果のまとめ及びこれらに対する考察は以下のとおり。

- TPMS/RKE ともに混信による音質劣化が認められたが、TPMS の音質評価では、アマチュア無線機と与干渉機器が接近した状態（8～40m 程度）においても評価 4 以上の良好な受信が確認できた。また、RKE の音質評価においては、高頻度の送信（15 秒に 1 回程度）により試験を行ったが、見通し距離においても、概ね 200～250m 以上の距離が確保できれば、評価 3 以上が確保できる見込みとなっている。

- TPMS/RKE からの混信は極めて短時間、かつ発生頻度の低いものとなるため、実運用においては、アマチュア局の音声通話が困難になるような混信が生じる可能性は低いと考えられる。

- 試験結果から、アマチュア局において、音声に対するメリット評価 5 を確保するために必要な受信電力は、-109.78 dBm/20kHz 程度と推定される。アマチュア局の混信実態（音質、ノイズ等）を考慮した場合、アマチュア局への干渉電力が-107.94 dBm/20kHz（D/U 比-1.84dB）以下であれば、評価 3 以上が確保でき、実運用において大きな支障は出ないものと考えられる。

- アマチュア局から TPMS/RKE に対する干渉については、アマチュア局の送信電力を 5W 以上で送信した場合、300m の距離でも TPMS/RKE が動作不能となることが確認された。他方、周波数を 900kHz 以上離調した場合には、アマチュア局が 50W で送信した場合でも TPMS/RKE の動作に影響は見られなかった。

７．実機試験における留意点

本実機試験において、TPMS の評価は比較的高頻度の送信状態（走行開始時パターン）で実施したが、これらの評価は、自動車 1 台（TPMS4 台）を用いたものであり、複数の無線局からの干渉等により、より大きな干渉電力が到達するような場合には、より大きな混信が生じる可能性があることに留意する必要がある。

【付録】実聴評価の取りまとめ結果

(1)　TPMS からの干渉波に対する実聴評価の取りまとめ結果(※)

※　TPMS では 3 台の異なるアマチュア無線機を用いて実聴評価を実施。

①アイコム社製 IC-9700 で評価した結果

ノイズ検出の評価

Lv.	評価	内容	票数										計		平均値
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	0	4.47
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる	✓	✓									2	12	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10	50	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓								3	12	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓	✓								3	9	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓										1	2	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音											0	0	

音声のメリット評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓						5	4.05
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓	✓							4	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い											0	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない											0	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない											0	

参図 3-8　TPMS 実聴評価の取りまとめ結果（アイコム社製 IC-9700 使用）

②アマチュア無線機 A で評価した結果

ノイズ検出の評価

Lv.	評価	内容	票数										計		平均値
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	0	4.47
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓						5	30	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓	✓	✓	✓					6	30	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓								3	12	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓	✓								3	9	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓									2	4	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音											0	0	

音声のメリット評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓	✓					6	4.05
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			8	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓	✓	✓						5	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い											0	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない											0	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない											0	

参図 3-9　TPMS 実聴評価の取りまとめ結果（アマチュア無線機 A 使用）

③アマチュア無線機 B で評価した結果

ノイズ検出の評価

Lv.	評価	内容	票数										計		平均値
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	0	4.82
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓	✓					6	36	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓	✓							4	20	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓	✓	✓						5	20	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓									2	6	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる											0	0	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音											0	0	

音声のメリット評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓	✓					6	4.06
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓	✓					6	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓	✓	✓						5	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い											0	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない											0	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない											0	

参図 3-10　TPMS 実聴評価の取りまとめ結果（アマチュア無線機 B 使用）

(2)　RKE からの干渉波に対する実聴評価の取りまとめ結果(※)

※　評価に用いたアマチュア無線機は、アイコム社製 IC-9700 のみ。

①RKE2 の実聴評価の取りまとめ結果

5m

ノイズ評価

Lv.	評価	内容											計	平均値
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	2.83
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる											0	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓								3	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓								3	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓	✓	✓	✓						5	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓									2	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓	✓	✓	✓						5	

メリット評価

Lv.	評価	内容											計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓	✓									2	2.44
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓								3	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓									2	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				8	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない											0	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない	✓	✓	✓								3	

8.2m

ノイズ評価

Lv.	評価	内容											計	平均値
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	3.33
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる											0	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓	✓							4	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓	✓	✓						5	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓	✓	✓							4	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓	✓								3	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓									2	

メリット評価

Lv.	評価	内容											計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓	✓									2	3.44
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				7	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				7	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓										1	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓										1	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない											0	

108m

ノイズ評価

Lv.	評価	内容											計	平均値
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	4.00
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる	✓	✓	✓								3	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓	✓							4	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓	✓	✓						5	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓	✓								3	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓									2	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓										1	

メリット評価

Lv.	評価	内容											計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓							4	3.33
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる	✓	✓									2	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		9	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓									2	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓										1	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない											0	

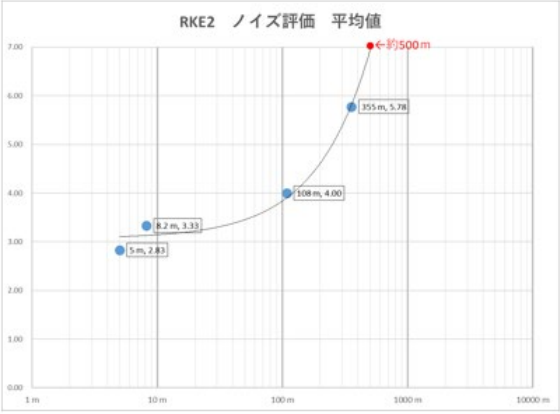
355m

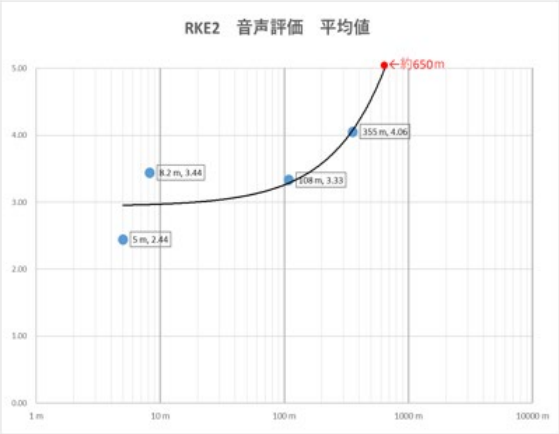
ノイズ評価

Lv.	評価	内容											計	平均値
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない	✓	✓	✓	✓							4	5.78
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		9	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓								3	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓										1	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓										1	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる											0	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音											0	

メリット評価

Lv.	評価	内容											計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓	✓					6	4.06
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			8	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓								3	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓										1	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない											0	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない											0	





参図 3-11　RKE2 の実聴評価の取りまとめ結果

②RKE3 の実聴評価の取りまとめ結果

5m

ノイズ評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	2.83
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる	✓										1	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓								3	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓									2	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓	✓	✓							4	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓									2	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓	✓	✓	✓	✓					6	

メリット評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓										1	2.16
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓							4	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓	✓							4	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓	✓								3	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓	✓									2	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない	✓	✓	✓	✓	✓						5	

10m

ノイズ評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	2.84
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる											0	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓	✓							4	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓									2	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓	✓	✓	✓						5	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓	✓								3	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓	✓	✓	✓						5	

メリット評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓										1	2.26
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓							4	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓	✓							4	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓	✓	✓							4	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓	✓									2	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない	✓	✓	✓	✓							4	

50m

ノイズ評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	2.89
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる											0	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓	✓							4	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓									2	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓	✓	✓	✓	✓					6	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓									2	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓	✓	✓	✓						5	

メリット評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓										1	2.32
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓							4	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓	✓							4	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓	✓	✓							4	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓	✓	✓								3	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない	✓	✓	✓								3	

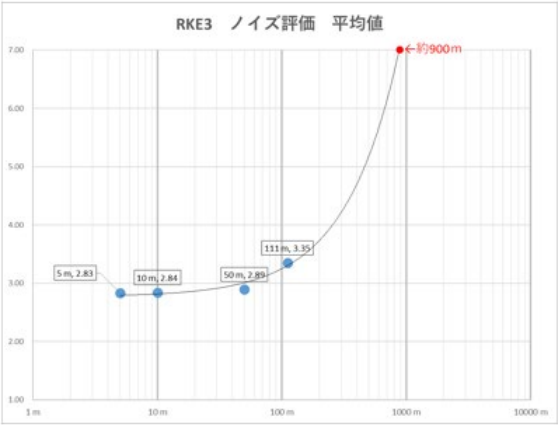
111m

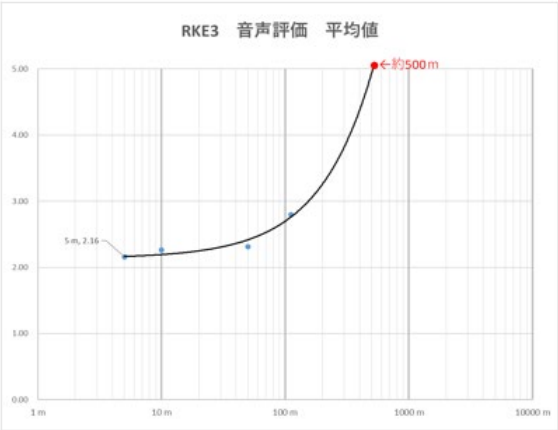
ノイズ評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
7	聴き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	3.35
6	聴こえる	ノイズは注意深く聴くと聞こえる											0	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓	✓							4	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				7	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓	✓								3	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓	✓	✓							4	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓									2	

メリット評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓										1	2.80
4	良い	若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓	✓						5	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓	✓	✓	✓					6	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓	✓	✓	✓						5	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓	✓	✓								3	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない											0	





参図 3-12　RKE3 の実聴評価の取りまとめ結果

③RKE4 の実聴評価の取りまとめ結果

5m

ノイズ評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
7	聞き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	2.56
6	聞こえる	ノイズは注意深く聞くと聞こえる											0	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓								3	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓	✓							4	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓										1	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓									2	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			8	

音声評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓										1	2.00
4	良い	若干ノイズがあるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓							3	
3	普通	ノイズや雑音があるが語彙は可能	✓	✓	✓								3	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓	✓	✓							4	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓	✓									2	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない	✓	✓	✓	✓	✓						5	

10m

ノイズ評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
7	聞き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	2.50
6	聞こえる	ノイズは注意深く聞くと聞こえる											0	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓									2	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓	✓							4	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓									2	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓	✓								3	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				7	

メリット評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる											0	1.89
4	良い	若干ノイズがあるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓							4	
3	普通	ノイズや雑音があるが語彙は可能	✓	✓									2	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓	✓	✓							4	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓	✓	✓	✓							4	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない	✓	✓	✓	✓							4	

50m

ノイズ評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
7	聞き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	2.58
6	聞こえる	ノイズは注意深く聞くと聞こえる											0	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓									2	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓	✓	✓						5	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓									2	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓	✓								3	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				7	

メリット評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる											0	2.00
4	良い	若干ノイズがあるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓							4	
3	普通	ノイズや雑音があるが語彙は可能	✓	✓	✓								3	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓	✓	✓	✓						5	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓	✓	✓								3	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない	✓	✓	✓	✓							4	

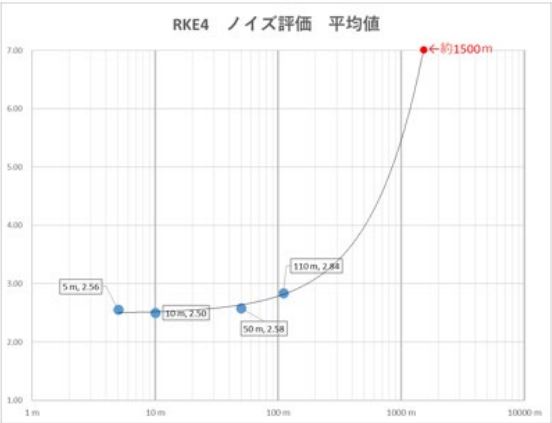
110m

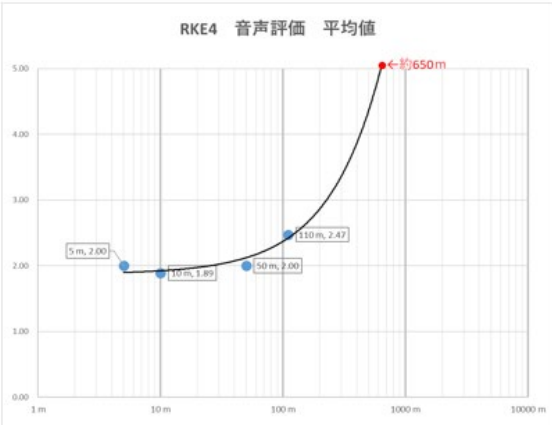
ノイズ評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
7	聞き取れない	ノイズが全く聞こえない											0	2.84
6	聞こえる	ノイズは注意深く聞くと聞こえる											0	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓									2	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓	✓	✓	✓					6	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の妨害が引き起こされている	✓	✓	✓								3	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓	✓								3	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓	✓	✓	✓						5	

メリット評価

Lv.	評価	内容	票数										計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓										1	2.47
4	良い	若干ノイズがあるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓							4	
3	普通	ノイズや雑音があるが語彙は可能	✓	✓	✓	✓							4	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓	✓	✓	✓						5	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓	✓	✓	✓							4	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない	✓										1	





参図 3-13　RKE4 の実聴評価の取りまとめ結果

④RKE5 の実聴評価の取りまとめ結果

5m

ノイズ評価

Lv.	評価	内容	票数																					計	平均値
7	聞き取れない	ノイズが全く聞こえない	✓																					1	1.58
6	聞こえる	ノイズは注意深く聞くと聞こえる	✓																					1	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度																						0	
4	中程度	ノイズがやや気になる																						0	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の物言が引き起こされている																						0	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる																						0	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			11	

メリット評価

Lv.	評価	内容	票数																					計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓																					1	0.26
4	良い	若干ノイズがあじるがはっきりと聞こえる																						0	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能																						0	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い																						0	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない																						0	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			18	

50m

ノイズ評価

Lv.	評価	内容	票数																					計	平均値
7	聞き取れない	ノイズが全く聞こえない																						0	2.32
6	聞こえる	ノイズは注意深く聞くと聞こえる	✓																					1	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓																					1	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓																					1	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の物言が引き起こされている	✓	✓	✓	✓																		4	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓	✓	✓	✓																	5	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓															7	

メリット評価

Lv.	評価	内容	票数																					計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる	✓																					1	2.16
4	良い	若干ノイズがあじるがはっきりと聞こえる	✓	✓																				2	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓																			3	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓	✓	✓	✓	✓																6	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓															7	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない																						0	

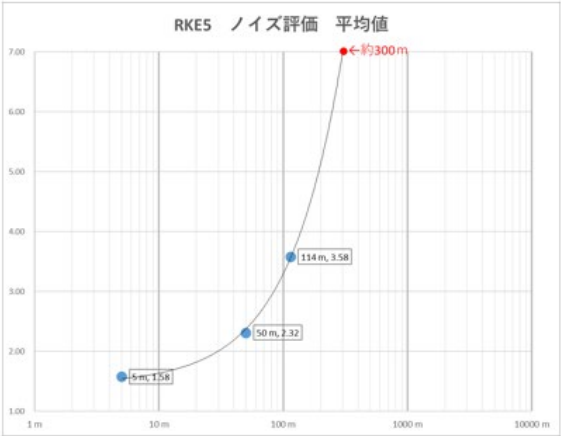
114m

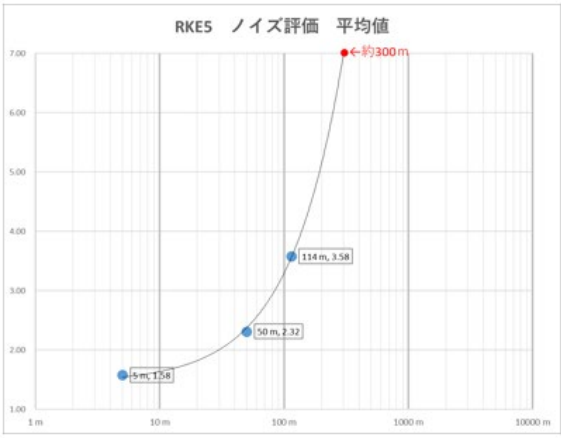
ノイズ評価

Lv.	評価	内容	票数																					計	平均値
7	聞き取れない	ノイズが全く聞こえない																						0	3.58
6	聞こえる	ノイズは注意深く聞くと聞こえる	✓	✓																				2	
5	わずか	ノイズは感知できるが、気にならない程度	✓	✓	✓	✓																		4	
4	中程度	ノイズがやや気になる	✓	✓	✓	✓	✓																	5	
3	かなりうるさい	ノイズにより多少の物言が引き起こされている	✓	✓	✓																			3	
2	大音量	ノイズが非常に気になるが、通話は続けられる	✓	✓																				2	
1	耐えられない	通話を断念するか、回線を変更するよう依頼するほどの騒音	✓	✓	✓																			3	

メリット評価

Lv.	評価	内容	票数																					計	平均値
5	非常に良い	はっきりと聞こえる																						0	2.79
4	良い	若干ノイズがあじるがはっきりと聞こえる	✓	✓	✓	✓																		4	
3	普通	ノイズや強弱があるが通信は可能	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓													9	
2	悪い	途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い	✓	✓	✓	✓																		4	
1	非常に悪い	相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない	✓	✓																				2	
0	入感しない	相手が送信していることがわからない																						0	





参図 3-14　RKE5 の実聴評価の取りまとめ結果

(3)　アマチュア無線局から RKE への干渉試験の結果

測定位置①　8.2m

RKE受信フィルタの抑圧特性の確認

周波数（MHz）	433.92MHzからの離調周波数（MHz）	出力（W）	RKE動作
432.92	-1	50	○
433.02	-0.9	50	○
433.12	-0.8	5	○
		10	×
		50	×
433.42	-0.5	0.5	×
		1	×
		2	×
		5	×
433.92	0	0.5	×
		1	×
		2	×
		5	×

測定位置②　57m

周波数（MHz）	出力（W）	RKE 動作
433.92	0.5	×
	1	×
	2	×
	5	×

測定位置⑤　311m（遮蔽物あり）

周波数（MHz）	出力（W）	RKE 動作
433.92MHz	2	○
	3	○
	4	○
	5	△
	6	×
	7	×
	8	×
	10	×
	25	×
	50	×

測定位置③　115m

周波数(MHz)	出力（W）	RKE動作
433.92	0.5	×
	1	×
	2	×
	5	×

測定位置④　261m

周波数（MHz）	出力（W）	RKE 動作
433.92	1	○
	2	×
	5	×
	10	×
	25	×
	50	×

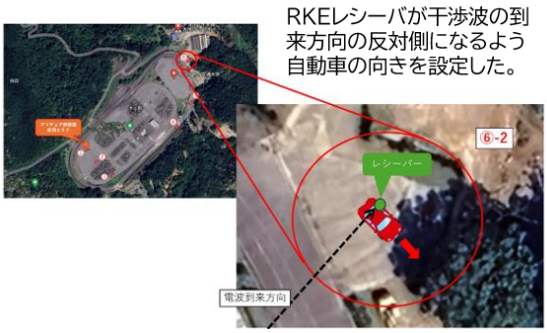
※測定位置⑥-1 は測定結果に疑義が生じたため省略し、2 回目（⑥-2）、3 回目（⑥-3）のみ掲載。

測定位置⑥-2　360m

周波数（MHz）	出力（W）	RKE 動作
433.92	5	○
	6	○
	8	△
	10	△
	25	×
	50	×

測定位置⑥-3　360m

周波数（MHz）	出力（W）	RKE 動作
433.92	7	○
	8	△
	10	△
	25	×
	50	×

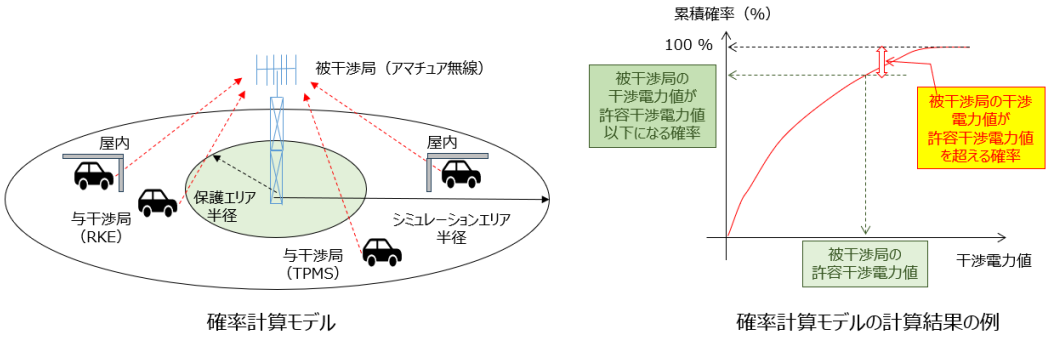


参考資料４　調査モデル３における検討結果（モンテカルロシミュレーションによる確率計算の結果）

１　433MHz 帯 TPMS/RKE 与干渉における条件

調査モデル 3 では計算手法としてモンテカルロシミュレーションを用いた。モンテカルロシミュレーションツールは、ECO（European Communication Office）で開発されているモンテカルロ手法に基づく干渉確率計算プログラム SEAMCAT（Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool）を用いた。

モンテカルロシミュレーションにおける確率計算モデルのイメージと計算結果の例を参図 4-1 に示す。



参図 4-1　モンテカルロシミュレーションのモデルと計算結果の例

モンテカルロシミュレーションでは、シミュレーションエリアの中心に被干渉局（アマチュア局）を配置し、与干渉局（TPMS/RKE）はエリア内にランダムに配置して、与干渉局から被干渉局へ与える干渉量を計算する。

本検討においては、与干渉局（TPMS/RKE）の位置を変えた試行を 2 万回行い、結果として得られた累積確率分布から、被干渉局の許容干渉電力値（＝-127dBm/20kHz）を超える確率（又は超えない確率）が何%程度になるかを評価することで、実際（に近い）環境における干渉影響の度合いを確率的に評価している。

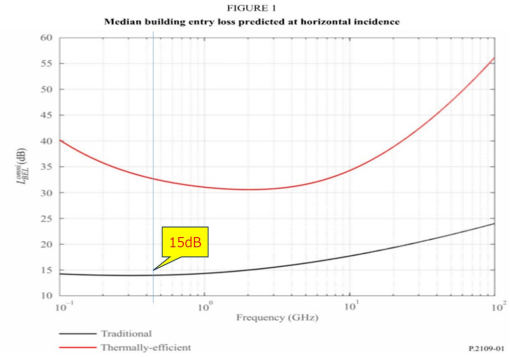
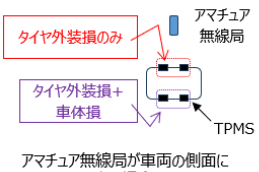
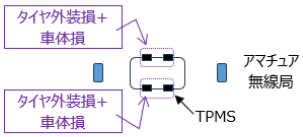
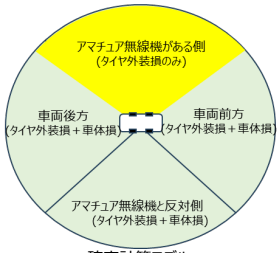
なお、TPMS/RKE は送信時間率が極めて小さいシステムであるため、本検討では、与干渉局の送信タイミングや 1 回当たりの送信時間等を、単位時間あたりの送信回数に変換して計算することで、確率的な干渉影響評価に反映している。

また、本シミュレーションでは、被干渉側は常に弱信号の希望波を受信中という条件であり、被干渉局の運用休止時間および希望信号の信号強度（D/U 比）による干渉回避を考慮しない前提で干渉発生確率を算出している点に留意が必要である。

２　433MHz 帯 TPMS/RKE（与干渉局）の諸元

干渉検討に用いた与干渉局(TPMS/RKE)の諸元は、参表 4-1 のとおり。

参表 4-1　干渉検討に用いた与干渉局（TPMS/RKE）の諸元

		RKE	TPMS	備考
アンテナパターン		無指向性		
空中線電力（EIRP）		-10dBm/20kHz (=0.1mW)		同一周波数共用検討で使用 （変数として、-10dBm、-15dBm、-20dBm で計算）
不要発射の強度（EIRP）		-43.0dBm/20kHz (=250nW/100kHz)		パラボラアンテナについては、実力値（-65dBm/20kHz(=-58dBm/100kHz))を使用
追加損失	人体吸収損	8dB	―	2013 年 7 月 24 日 情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等高度化委員会 報告（41 ページ） 諮問第 81 号「携帯電話等の周波数有効利用方策」のうち「第４世代移動通信システム（IMT-Advanced）の技術的条件」
	建物侵入損	15dB	―	勧告 ITU-R P.2109 より引用 
	タイヤ損	―	2dB	実測値を採用
	自動車車体損	―	10dB	2023 年 9 月 12 日 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（97 ページ） 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「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」及び「無線 LAN システムの高度化利用に係る技術的条件」
	TPMS/RKE に適用する追加損失の考え方	○RKE に適用する建物侵入損（壁損）の考え方 勧告 ITU-R P.2109 より、433MHz 帯における壁損は約 15dB。RKE を使用する半分が屋内と仮定すると、確率的には、RKE1 局あたりの干渉量を以下のように重みづけしてシミュレーションを行うことと同義となる。 RKE 干渉量＝（RKE 送信電力－人体損－壁損）×1/2＋（RKE 送信電力－人体損）×1/2 ○TPMS に適用するアマチュア局の位置に対するタイヤ外装損と自動車車体損の考え方 4 つの送信装置が実装された無線局をまとめて 1 つの与干渉局としてシミュレーションを行うため、アマチュア無線局との位置関係における損失量の変化について整理。 アマチュア局との位置関係により、考慮すべき損失を変更 ・アマチュア局がある側の 2 輪：タイヤ外装損 ・アマチュア局と反対側の 2 輪：タイヤ外装損＋車体損 ・アマチュア局が車両の前方又は後方に位置する場合：4 輪ともタイヤ外装損＋車体損 全体の 3/4 のシミュレーション試行回数において、「タイヤ外装損＋車体損」を適用（図の緑色のエリア）、全体の 1/4 のシミュレーション試行回数において「タイヤ外装損のみ」を適用（図の黄色のエリア）する場合、確率的には、与干渉局 1 局あたりの干渉量を以下のように重みづけしてシミュレーションを行うことと同義となる。 TPMS 干渉量＝（TPMS 送信電力－タイヤ外装損－車体損）×3/4 ＋（TPMS 送信電力－タイヤ外装損）×1/4  アマチュア無線局が車両の側面にある場合  アマチュア無線局が車両の前方（後方）にある場合  確率計算モデル	

3　アマチュア局（被干渉局）の諸元

干渉検討に用いた被干渉局(アマチュア局)の諸元は、参表 4-2 のとおり。

参表 4-2　干渉検討に用いた被干渉局（アマチュア局）の諸元

運用形態	固定運用		移動運用		レピータ
			車載	ハンディ	
アンテナタイプ	パラボラ	八木	ホイップ		コリニアアンテナ
受信空中線利得(dBi)	30	18	5		12
アンテナパターン	ITU-R F.699-8	ITU-R F.1336-5	無指向		
受信空中線高（m）	10 ※1		1.5 ※2	1.5 ※3	20 ※4
許容干渉電力 (dBm/20kHz)	-127(=-110dBm/MHz)				

2020 年 7 月 14 日 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「構内における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」 P.183 表参 5.9.1（アマチュア無線との共用検討結果）より引用
※1 上記委員会報告 P.169（イ）共用検討結果（FPU 受信点高）
※2 上記委員会報告 P.113 表参 1.1.1 デジタル MCA システムの受信側パラメータ（車載移動局）
※3 上記委員会報告 P.58　表 3.3.12 帯域外干渉の共用検討結果（衛星携帯端末を引用）より
※4 2016 年 1 月 22 日 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 「400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの高度化等に係る技術的条件」 P.23（共用検討条件（親局を引用）

4　モンテカルロシミュレーションパラメータ

モンテカルロシミュレーションに用いたパラメータは、参表 4-3 のとおり。

参表 4-3　モンテカルロシミュレーションのパラメータ

与干渉局		TPMS					RKE					備考
被干渉局		固定（パラボラ）	固定（八木）	移動（車載/ハンディ）	レピータ		固定（パラボラ）	固定（八木）	移動（車載/ハンディ）	レピータ		
モンテカルロシミュレーション設定	シミュレーションエリア半径（km）	5.5km（普及予測パターン 1） 6.4km（普及予測パターン 2）					5.0km（普及予測パターン 1） 6.8km（普及予測パターン 2）					東京を想定
	保護エリア半径（m）	3m		2m	5m		3m		2m	5m		※1
	伝搬式	SEAMCAT 拡張秦モデル（アーバン）					SEAMCAT 拡張秦モデル（アーバン）					
	与干渉同時送信局密度（局/km2）	0.010（普及予測パターン 1） 0.008（普及予測パターン 2）					0.0127（普及予測パターン 1） 0.007（普及予測パターン 2）					
与干渉側	送信周波数	433.92MHz					433.92MHz					参表 4-1 参照
	空中線電力（EIRP）(dBm/20kHz)	-10/-15/-20					-10/-15/-20					
	不要発射強度（EIRP）（dBm/20kHz）	-65 ※2	-43 ※3				-65 ※2	-43 ※3				
	送信空中線高	1.5m/0.8m/0.2m					1.5m					
	その他損失	タイヤ損：2dB 車体損：10dB ※4					人体吸収損：8dB 建物侵入損：15dB ※4					
	SIM エリア内の与干渉局数（台）	1					1					
被干渉側	受信空中線利得（dBi）	30	18	5	5	12	30	18	5	5	12	参表 4-2 参照

	アンテナパターン	ITU-R F.699-8	ITU-R F.1336-5	無指向	無指向	ITU-R F.699-8	ITU-R F.1336-5	無指向	無指向	
	受信空中線高（m）	10		1.5	20	10		1.5	20	
	許容干渉電力（dBm/20kHz）	-127				-127				

※1 平成29年3月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 「700MHz 帯高度道路交通システムの高度化に関する技術的条件」より引用。 固定運用3m：P57 ITS車載器からTV受信機（八木ンテナ、強電界）への与干渉、移動運用2m：P89 LTE移動局からITS車載器への与干渉、リピータ5m：P60 ITS車載器からTV極微小電力局への与干渉
※2 実力値 -65dBm/20kHz(=-58dBm/100kHz)
※3 現行規格値（国際輸送用データ伝送設備：1GHz以下）＝-43.0dBm/20kHz(=250nW/100kHz)
※4 適用手法は、参考3-1（TPMS/RKEに適用する追加損失の考え方）参照

5 TPMS/RKEの同時使用車数の推定

TPMSの普及予測については2.1.4項、RKEの普及予測については2.2.4項のとおりであり、これらの普及予測の数値に基づき、TPMS/RKEの同時使用車数についての推定を行った。

参表4-4 TPMS同時使用車数の推定

項目	東京都	参考（全国）	備考
a) 自動車保有台数(千台)	3,569.0	82,175.0	※1(全国) ※2(関東)
b) 平均交通量(台/24h)	21,627.0	7,530.0	※3
c) 平均速度(km/h)	16.10	31.70	
d) １日の走行台キロ(千台km/日)	60,840.0	1,432,054.0	※3
e) １日の平均走行距離(km/日)	17.05	17.43	d)÷a)
f) １日の車の使用時間(時)	1.06	0.55	e)÷c)
g) １時間当たりの車の平均使用時間(時)	0.044	0.023	f)÷24h
h) 面積(㎢)	2,194.1	377,974.0	※4
i) 普及密度(台/㎢)	1,626.7	217.4	a)÷h)
j) 利用密度(台/㎢)	71.76	4.98	g)×i)
k) TPMS装着率(%)	7.76 5.83	7.76 5.83	2.1.4項参照。 上段：普及予測パターン1 下段：普及予測パターン2
l) TPMS同時使用車数密度(台/㎢)	5.57 4.18	0.39 0.29	j)×k) 上段：普及予測パターン1 下段：普及予測パターン2

※1 数字で見る自動車２０２３（R3年度末）https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr1_000084.html
※2 関東運輸局管内自動車保有車両数調（令和4年3月末時点）https://wwwtb.mlit.go.jp/kanto/content/000267511.pdf
※3 令和3年度 全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査 https://www.mlit.go.jp/road/census/r3/index.html
※4 全国都道府県市区町村別面積調（令和4年4月1日時点）https://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/MENCHO/backnumber/GSI-menseki20220401.pdf
※5 自動車輸送統計月報（令和5年1月）https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000040050781&fileKind=2

参表4-5 RKE同時使用車数の推定

項目	東京都	参考（全国）	備考
a) 自動車保有台数(千台)	3569.00	82175.00	※1(全国) ※2(関東)
b) 面積(㎢)	2194.05	377974.00	※4
c) 普及密度(台/㎢)	1626.67	217.41	a)÷b)
d) RKE装着率(%)	50.99 27.99	50.99 27.99	2.2.4項参照。 上段：普及予測パターン1 下段：普及予測パターン2
e) RKE同時使用車数密度(台/㎢)	829.44 455.31	110.86 60.85	c)×d) 上段：普及予測パターン1 下段：普及予測パターン2

※1　数字で見る自動車２０２３（R3 年度末）https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr1_000084.html
※2　関東運輸局管内自動車保有車両数調（令和４年３月末時点）https://wwwtb.mlit.go.jp/kanto/content/000267511.pdf
※3　令和３年度　全国道路・街路交通情勢調査　一般交通量調査　https://www.mlit.go.jp/road/census/r3/index.html
※4　全国都道府県市区町村別面積調（令和４年４月１日時点）https://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/MENCHO/backnumber/GSI-menseki20220401.pdf
※5　自動車輸送統計月報（令和５年１月）https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000040050781&fileKind=2

６　TPMS/RKE の送信トラヒック量の推定の推定

TPMS/RKE の送信トラヒック量については、実機の諸元や実力値等から、以下のとおり推定を行った。

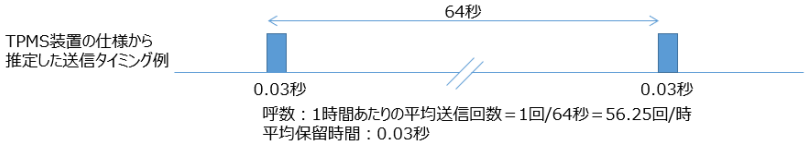
(1)　TPMS の送信トラヒック量の推定

複数の TPMS の仕様から推定した送信タイミング例（下図参照）を基に、トラヒックを推定した。

下図を基に、単位時間あたりの TPMS1 局あたりの送信トラヒック量（呼量）を計算(※1)すると、0.00047 アーランとなる。

0.00047 アーラン＝56.25 回/時間×0.03 秒/3600 秒

※　呼量（アーラン）=呼数×平均保留時間÷対象時間（例）1 時間に平均 8 回の通話があり、通話の平均時間が 6 分(0.1 時間)の場合、呼量は 0.8 アーラン=8 回/時間×0.1 時間÷1 時間



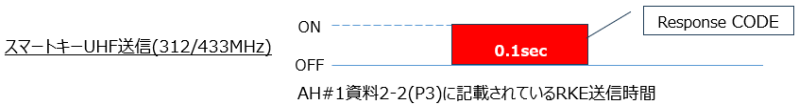
参図 4-2　TPMS の送信タイミング例

(2)　RKE の送信トラヒック量の推定

統計データ [6]から、車の 1 日あたりの平均使用回数を 4.42 回とし、RKE は、その 3 倍（乗り降りと発車）の 13.26 回使用する前提で、トラヒック量を推定した。

また、RKE の 1 回当たりの送信時間は、RKE の実力値から推定した値（0.1 秒）し、この条件で RKE1 局あたりの送信トラヒック量（呼量）を計算すると、0.000015 アーランとなる。

0.000015 アーラン＝13.26 回/24 時間×0.1 秒/3600 秒



参図 4-3　RKE の送信タイミング例

７　TPMS/RKE の同時送信局数の推定

モンテカルロシミュレーションでは、シミュレーションエリア内に存在する与干渉局数(＝同時使用車数)に、1 局あたりの送信トラヒック量を掛けた値を与干渉側の同時送信局数

[6] 自動車輸送統計月報（令和５年１月）の実働１日１車あたりの輸送回数（貨物と旅客のデータを単純平均）
https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000040050781&fileKind=2

として用いる。

TPMS/RKE は、送信時間率が極めて小さいシステムであり、本検討においては、いずれも 1 ㎢あたり 1 局未満となった。シミュレーションを行う際には、局数が 1 以上の整数である必要があるため、同時送信局数密度から、同時送信局数が 1 局となるシミュレーション半径を計算してシミュレーションを行った。

【同時送信局数が 1 局となるシミュレーション半径】

TPMS： 5.5km（普及予測パターン 1）、6.4km（普及予測パターン 2）

RKE： 5.0km（普及予測パターン 1）、6.8km（普及予測パターン 2）

参表 4-6　TPMS/RKE の同時送信局数の推定

上段： 普及予測パターン 1 下段： 普及予測パターン 2	TPMS		RKE		備考
	東京	参考（全国）	東京	参考（全国）	
同時使用局数 （台/㎢）	22.28 16.74	1.55 1.16	829.44 455.31	110.86 60.85	参表 4-4 及び 4-5 参照。 TPMS は、タイヤ数を考慮して 4 倍（22.28 台/㎢=5.57 台/㎢×4 輪）
送信トラヒック量 （アーラン）	0.00047	0.00047	0.000015	0.000015	参図 4-2 及び 4-3 参照。 TPMS：56.25 回/時間×0.03 秒/3600 秒 RKE：13.26 回/24 時間×0.1 秒/3600 秒
同時送信局数 （局/㎢）	0.010 0.008	0.00072 0.00054	0.0127 0.0070	0.0017 0.0009	=同時使用台数×送信トラヒック量
シミュレーションエリア内で与干渉局が 1 局になる半径（km）	5.5 6.4	21.0 24.2	5.0 6.8	13.7 18.5	

８　モンテカルロシミュレーションの結果

モンテカルロシミュレーションの結果、与干渉局（TPMS のみ、RKE のみ、TPMS 及び RKE）からの干渉電力が、被干渉局（アマチュア局）の許容干渉電力を超える確率は以下のとおり。

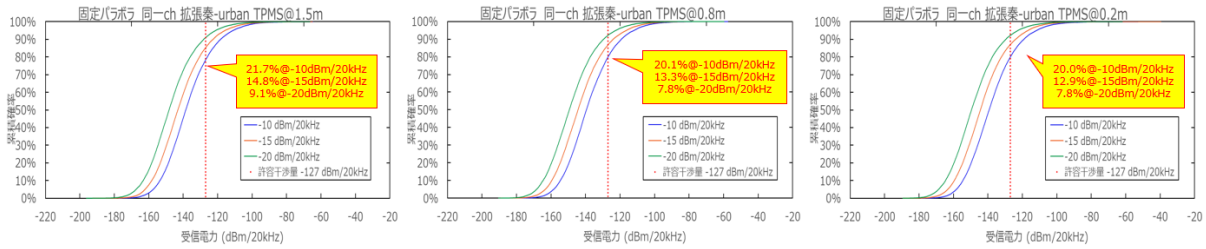
(1)　TPMS からの干渉電力がアマチュア局の許容干渉電力を超える確率

①　同一周波数利用

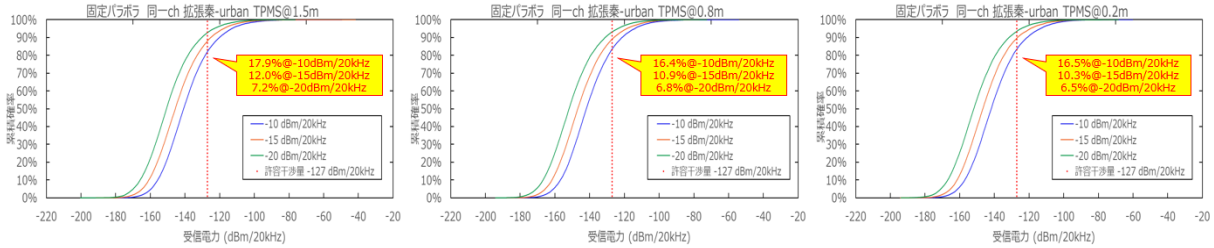
参表 4-7　TPMS からアマチュア局への干渉検討結果

被干渉局			アマチュア局																			
			固定・パラボラ				固定・八木				車載/ハンディ				レピータ（ホイップ）				レピータ（コリニアアンテナ）			
			普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2	
			干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号
与干渉局	TPMS（1.5m）	−10dBm/20kHz	21.7%	参図4-4	17.9%	参図4-5	12.9%	参図4-6	9.6%	参図4-7	0.1%	参図4-8	0.1%	参図4-9	2.7%	参図4-10	2.1%	参図4-11	6.5%	参図4-12	5.1%	参図4-13
		−15dBm/20kHz	14.8%		12.0%		7.4%		5.3%		0.08%		0.08%		1.5%		1.2%		3.5%		2.6%	
		−20dBm/20kHz	9.1%		7.2%		3.9%		2.9%		0.07%		0.03%		0.8%		0.5%		1.7%		1.2%	
	TPMS（0.8m）	−10dBm/20kHz	20.1%		16.4%		10.7%		8.6%		0.2%		0.1%		2.2%		1.8%		6.0%		4.4%	
		−15dBm/20kHz	13.3%		10.9%		6.5%		4.7%		0.1%		0.07%		1.2%		0.9%		3.1%		2.3%	
		−20dBm/20kHz	7.8%		6.8%		3.3%		2.5%		0.07%		0.05%		0.6%		0.5%		1.7%		1.2%	
	TPMS（0.2m）	−10dBm/20kHz	20.0%		16.5%		11.3%		8.6%		0.1%		0.1%		2.5%		1.8%		6.0%		4.4%	
		−15dBm/20kHz	12.9%		10.3%		6.3%		4.9%		0.1%		0.06%		1.0%		1.0%		2.9%		2.2$	
		−20dBm/20kHz	7.8%		6.5%		3.2%		2.2%		0.07%		0.04%		0.7%		0.5%		1.6%		1.0%	

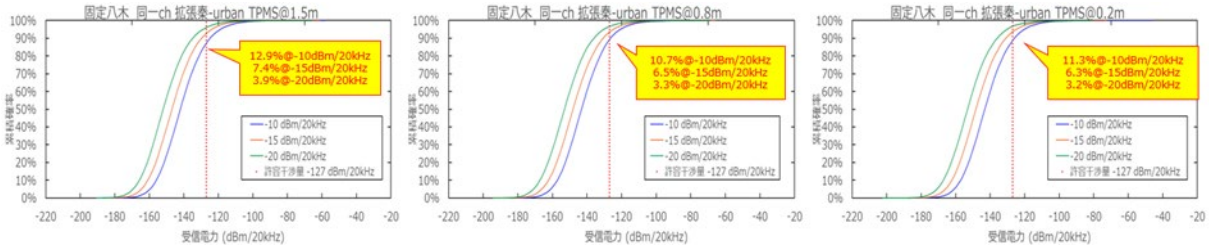
※赤字は、干渉発生確率が 3%を超えているもの



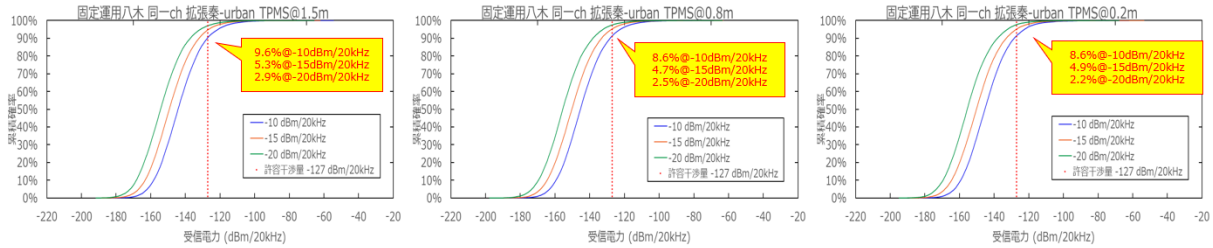
参図 4-4　TPMS からアマチュア局（固定・パラボラ）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



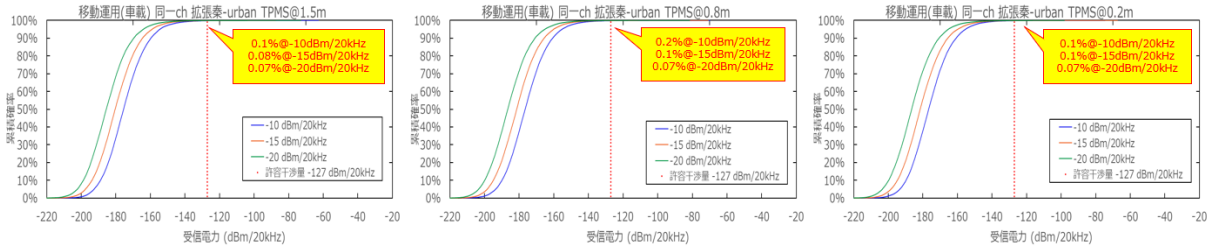
参図 4-5　TPMS からアマチュア局（固定・パラボラ）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



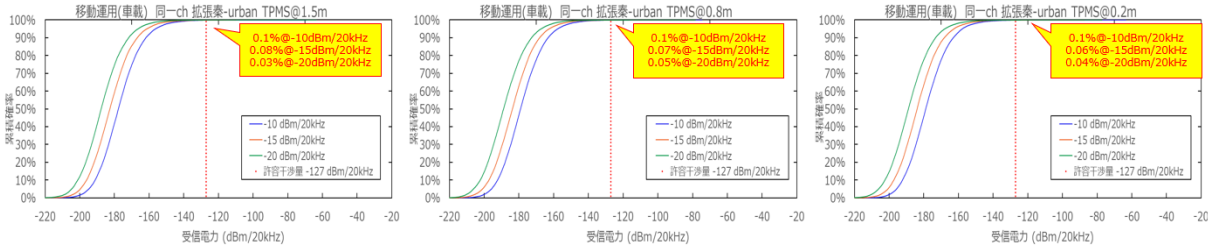
参図 4-6　TPMS からアマチュア局（固定・八木）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



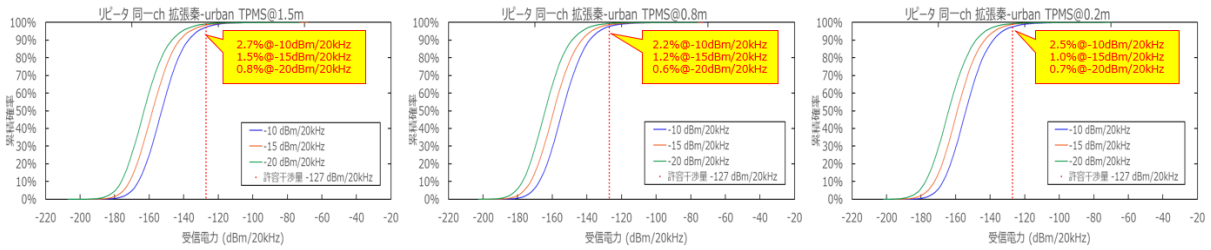
参図 4-7　TPMS からアマチュア局（固定・八木）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



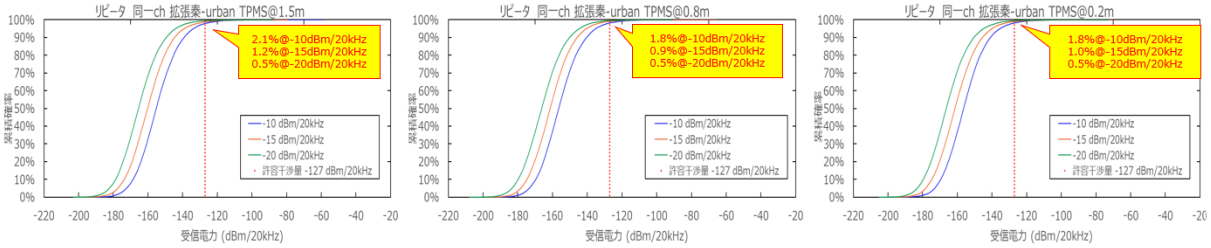
参図 4-8　TPMS からアマチュア局（移動・車載/ハンディ）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



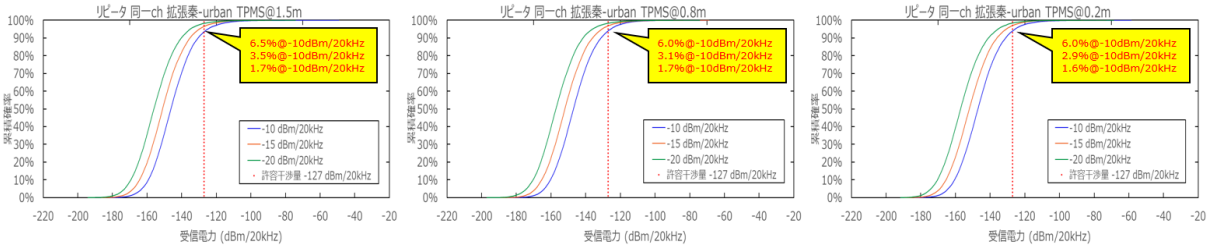
参図 4-9　TPMS からアマチュア局（移動・車載/ハンディ）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



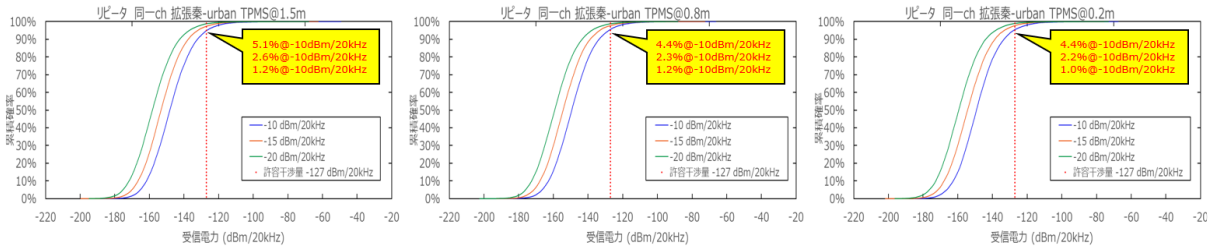
参図 4-10　TPMS からアマチュア局（固定・レピータ（ホイップ））への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



参図 4-11　TPMS からアマチュア局（固定・レピータ（ホイップ））への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



参図 4-12　TPMS からアマチュア局（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 1）

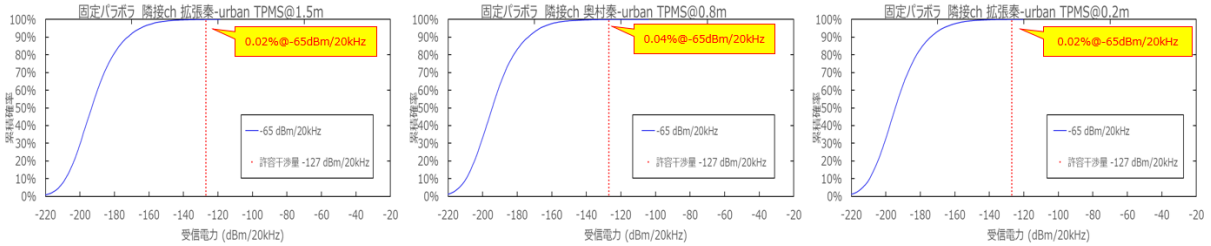


参図 4-13　TPMS からアマチュア局（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 2）

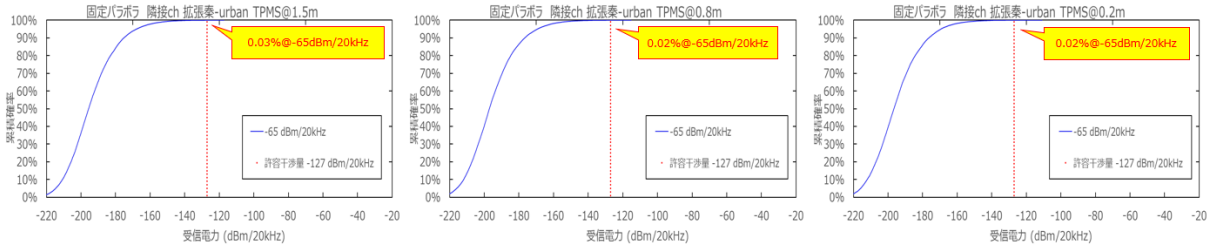
② 隣接周波数利用

参表 4-8　TPMS からアマチュア局への干渉検討結果

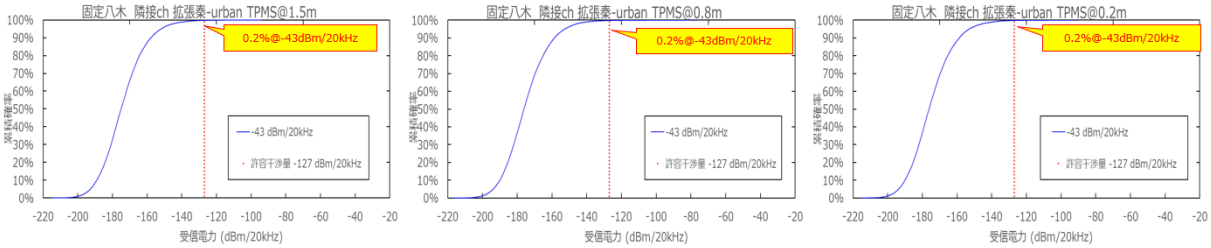
被干渉局			アマチュア局																			
			固定・パラボラ				固定・八木				車載/ハンディ				レピータ（ホイップ）				レピータ（コリニアアンテナ）			
			普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2	
			干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号
与干渉局	TPMS（1.5m）	-65dBm/20kHz（パラボラ） -43dBm/20kHz	0.02%	参図4-14	0.03%	参図4-15	0.2%	参図4-16	0.2%	参図4-17	0.02%	参図4-18	0.02%	参図4-19	0.07%	参図4-20	0.05%	参図4-21	0.2%	参図4-22	0.1%	参図4-23
	TPMS（0.8m）		0.04%		0.02%		0.2%		0.2%		0.03%		0.01%		0.05%		0.05%		0.1%		0.07%	
	TPMS（0.2m）		0.02%		0.02%		0.2%		0.1%		0.01%		0.01%		0.09%		0.04%		0.1%		0.1%	



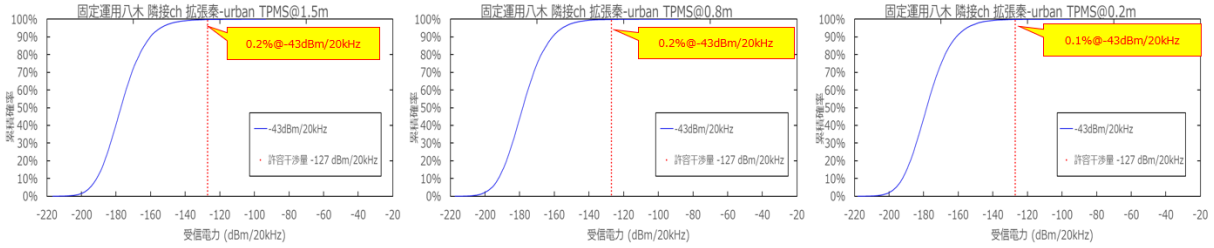
参図 4-14　TPMS からアマチュア局（固定・パラボラ）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）



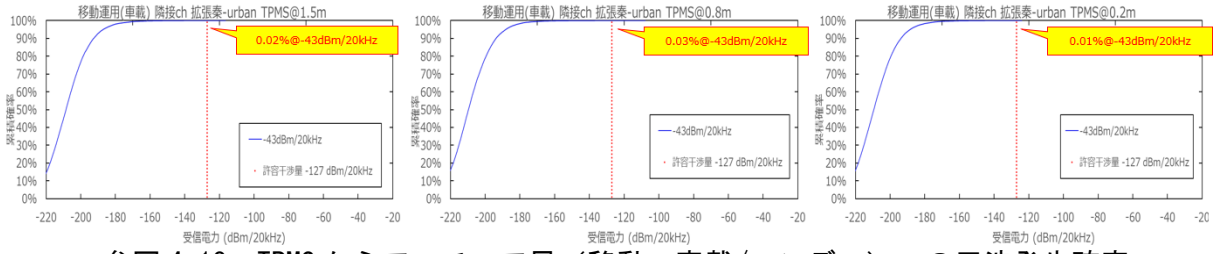
参図 4-15　TPMS からアマチュア局（固定・パラボラ）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）



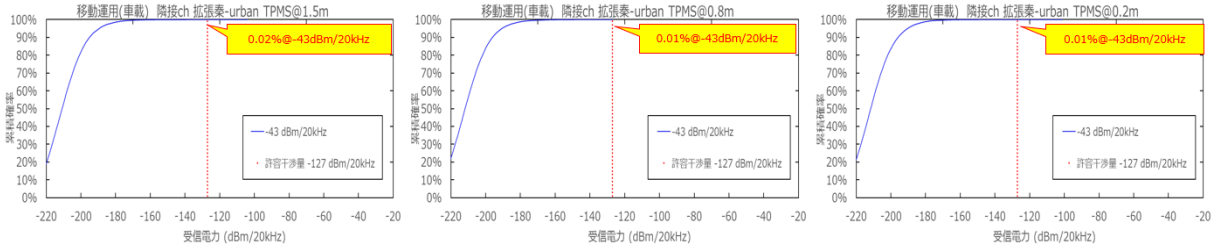
参図 4-16　TPMS からアマチュア局（固定・八木）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）



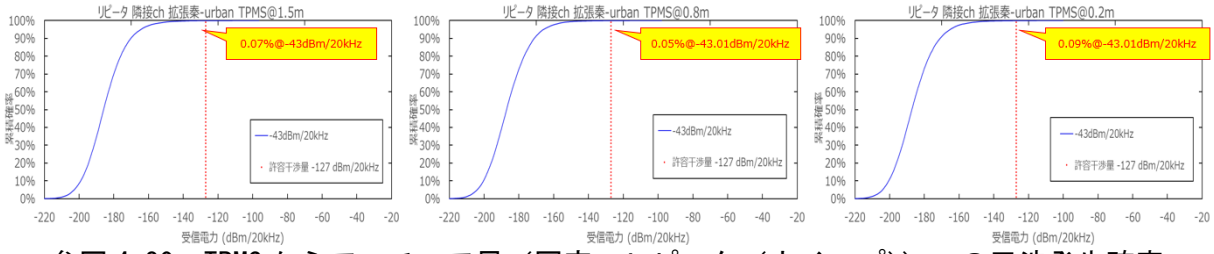
参図 4-17　TPMS からアマチュア局（固定・八木）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）



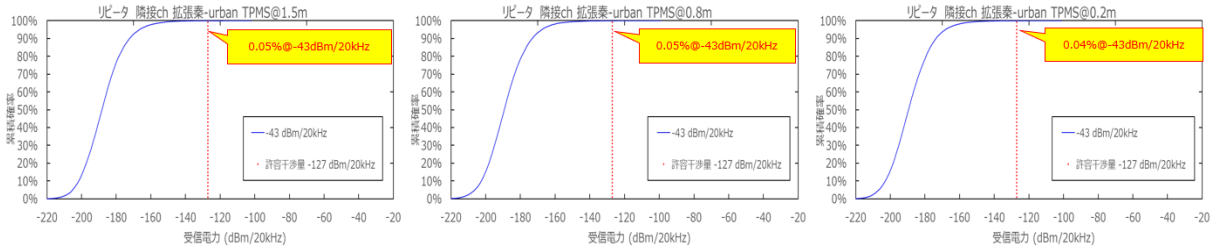
参図 4-18　TPMS からアマチュア局（移動・車載/ハンディ）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）



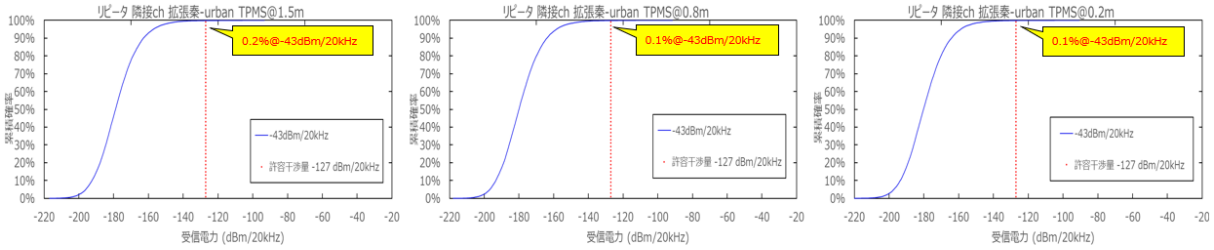
参図 4-19　TPMS からアマチュア局（移動・車載/ハンディ）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）



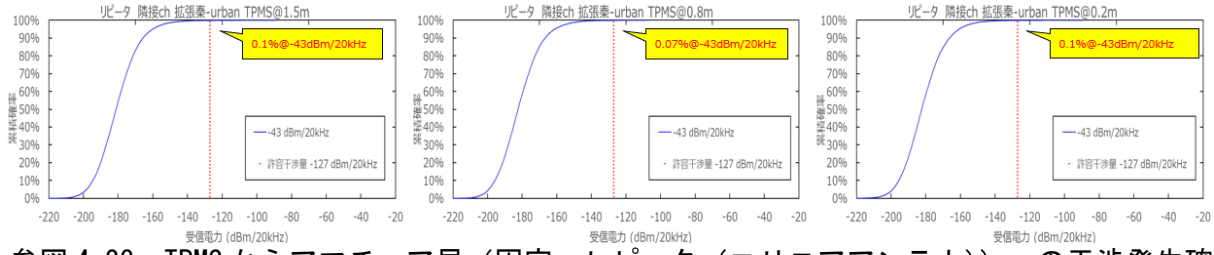
参図 4-20　TPMS からアマチュア局（固定・レピータ（ホイップ））への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）



参図 4-21　TPMS からアマチュア局（固定・レピータ（ホイップ））への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）



参図 4-22　TPMS からアマチュア局（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）



参図 4-23　TPMS からアマチュア局（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）

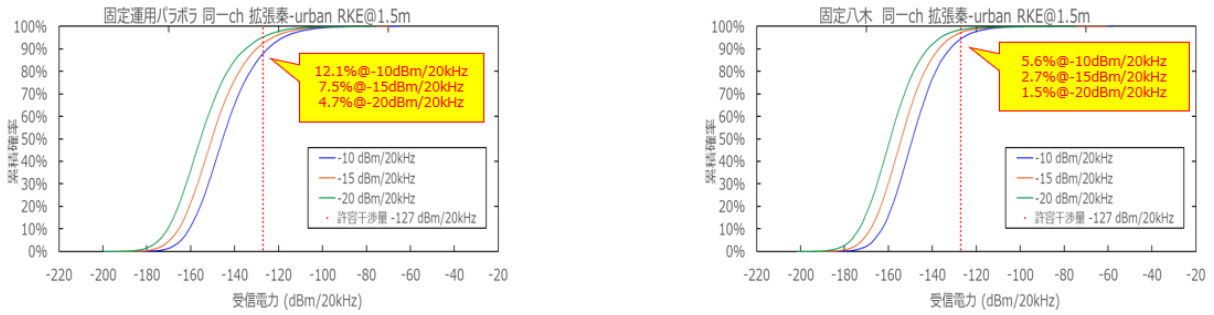
(2)　RKE からの干渉電力がアマチュア局の許容干渉電力を超える確率

①　同一周波数利用

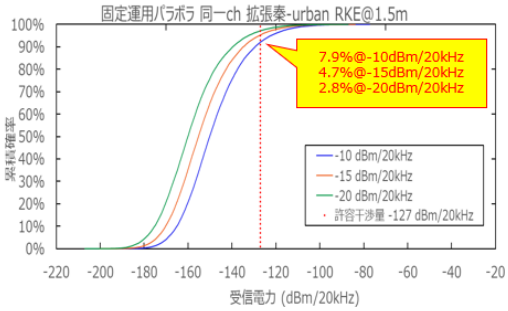
参表 4-9　RKE からアマチュア局への干渉検討結果

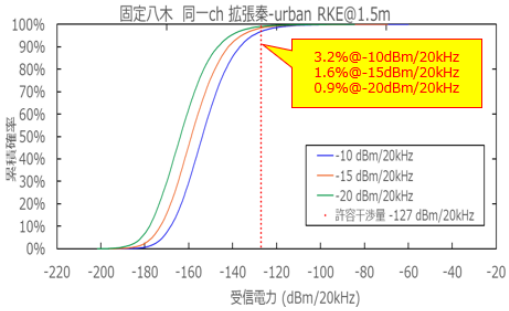
被干渉局			アマチュア局																			
			固定・パラボラ				固定・八木				車載/ハンディ				レピータ（ホイップ）				レピータ（コリニアアンテナ）			
			普及予測パターン 1		普及予測パターン 2		普及予測パターン 1		普及予測パターン 2		普及予測パターン 1		普及予測パターン 2		普及予測パターン 1		普及予測パターン 2		普及予測パターン 1		普及予測パターン 2	
			干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号
与干渉局	RKE（1.5m）	-10dBm/20kHz	12.1%	参図 4-24	7.9%	参図 4-25	5.6%	参図 4-24	3.2%	参図 4-25	0.1%	参図 4-26	0.04%	参図 4-27	1.0%	参図 4-26	0.6%	参図 4-27	2.9%	参図 4-28	1.5%	参図 4-28
		-15dBm/20kHz	7.5%		4.7%		2.7%		1.6%		0.07%		0.04%		0.6%		0.4%		1.3%		0.8%	
		-20dBm/20kHz	4.7%		2.8%		1.5%		0.9%		0.04%		0.03%		0.3%		0.2%		0.7%		0.4%	

※赤字は、干渉発生確率が 3%を超えているもの

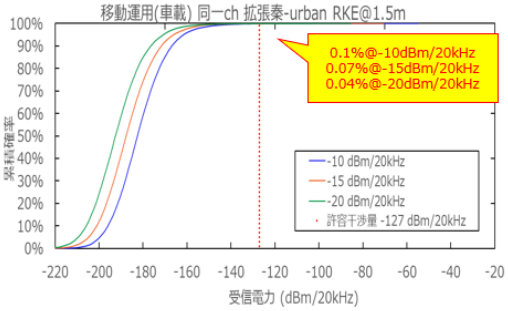


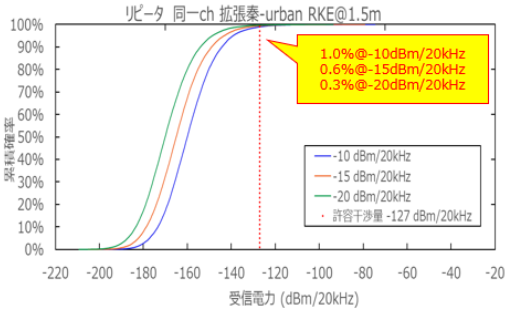
参図 4-24　RKE からアマチュア局（固定・パラボラ（左）、固定・八木（右））への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



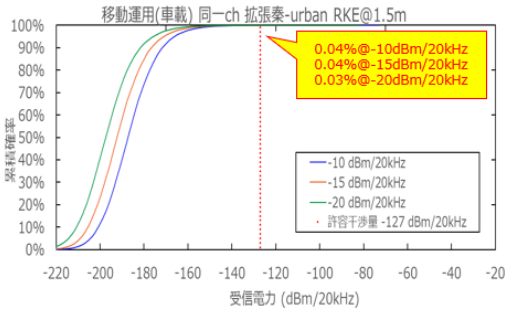


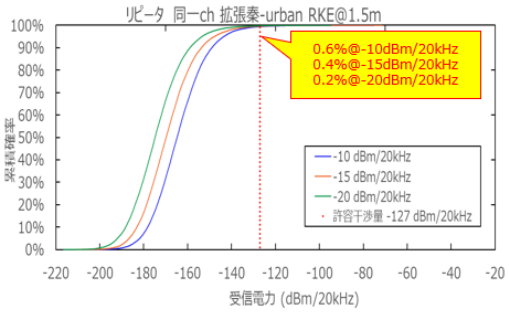
参図 4-25　RKE からアマチュア局（固定・パラボラ（左）、固定・八木（右））への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



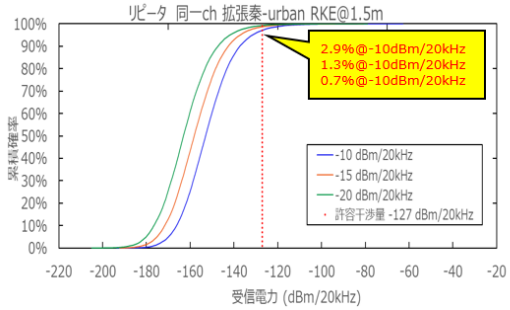


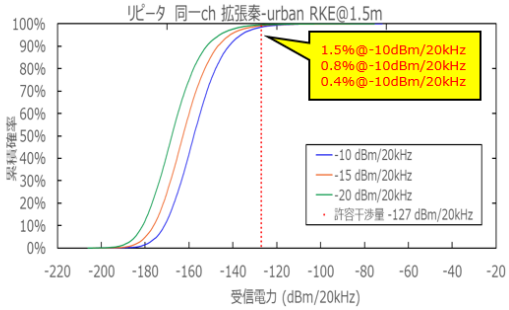
参図 4-26　RKE からアマチュア局（移動・車載/ハンディ（左）、固定・レピータ（ホイップ）（右））への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 1）





参図 4-27　RKE からアマチュア局（移動・車載/ハンディ（左）、固定・レピータ（ホイップ）（右））への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



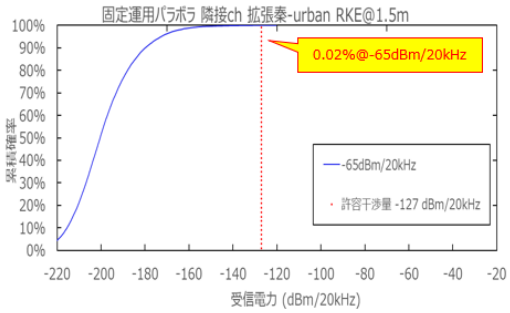


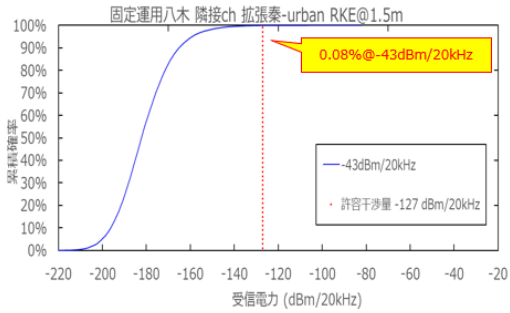
参図 4-28　RKE からアマチュア局（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 1（左）、普及予測パターン 2（右））

② 隣接周波数利用

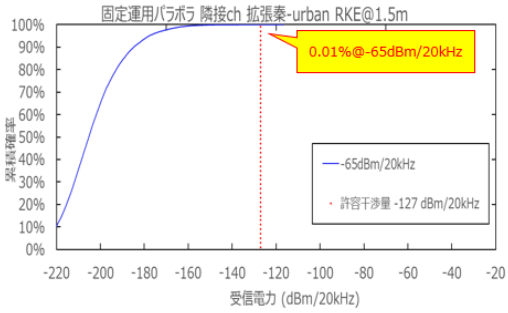
参表 4-10 RKE からアマチュア局への干渉検討結果

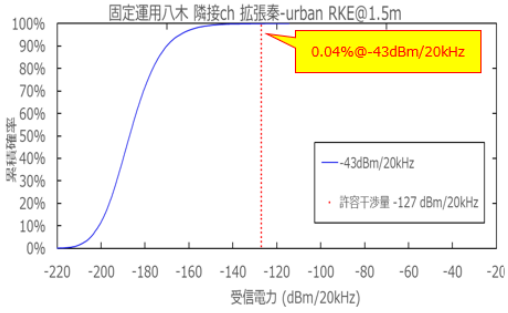
被干渉局			アマチュア局																			
			固定・パラボラ				固定・八木				車載/ハンディ				レピータ（ホイップ）				レピータ（コリニアアンテナ）			
			普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2	
			干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号
与干渉局	RKE（1.5m）	-65dBm/20kHz（パラボラ） -43dBm/20kHz	0.02%	参図4-29	0.01%	参図4-30	0.08%	参図4-29	0.04%	参図4-30	0.005%	参図4-31	0.01%	参図4-32	0.06%	参図4-31	0.02%	参図4-32	0.07%	参図4-33	0.04%	参図4-33



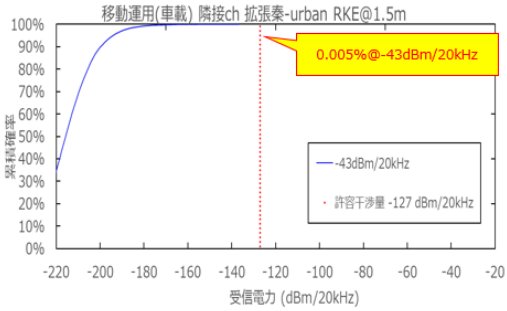


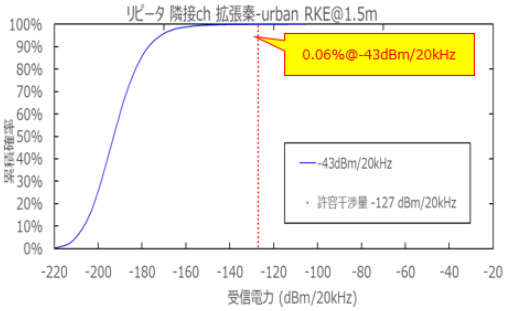
参図 4-29 RKE からアマチュア局（固定・パラボラ（左）、固定・八木（右））への干渉発生確率（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）





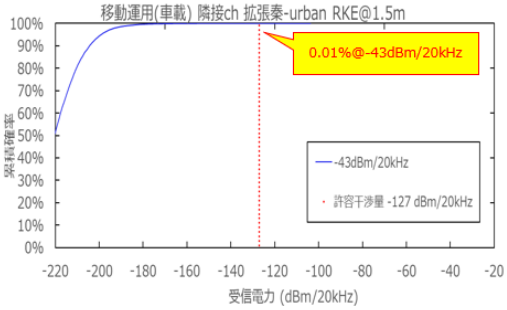
参図 4-30 RKE からアマチュア局（固定・パラボラ（左）、固定・八木（右））への干渉発生確率（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）

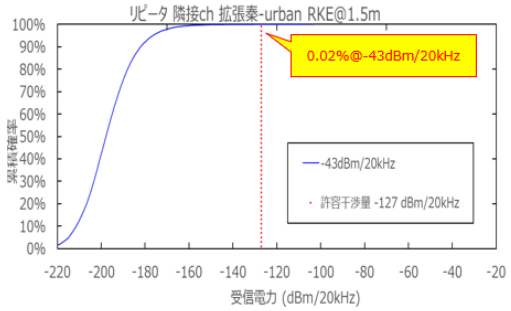




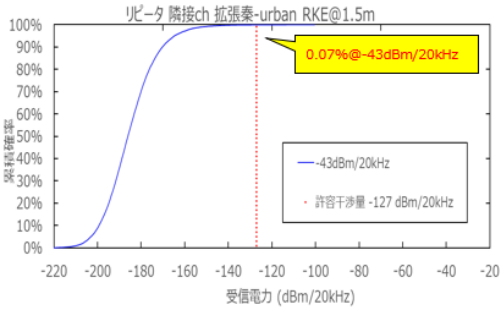
参図 4-31 RKE からアマチュア局（移動・車載/ハンディ（左）、固定・レピータ（右））への

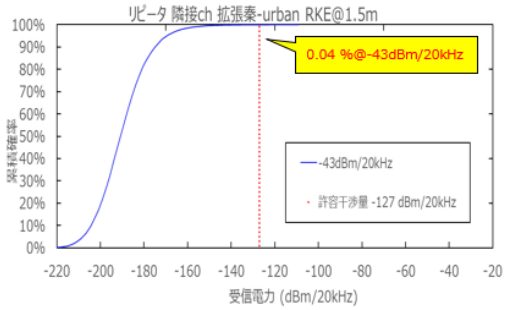
干渉発生確率（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）





参図 4-32　RKE からアマチュア局（移動・車載/ハンディ（左）、固定・レピータ（右））への干渉発生確率（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）





参図 4-33　RKE からアマチュア局（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率（隣接帯域利用、普及予測パターン 1（左）、普及予測パターン 2（右））

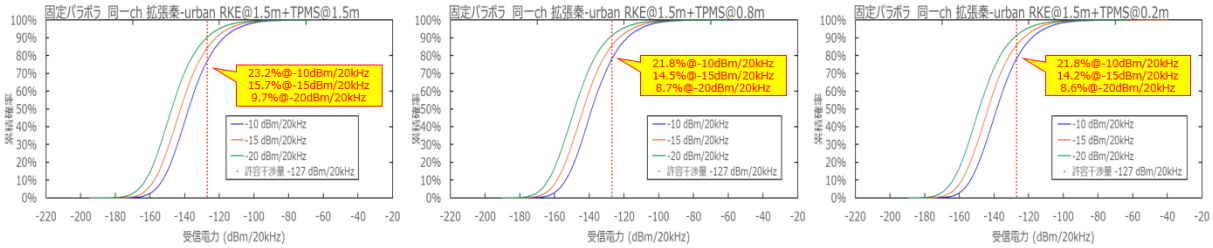
(3)　TPMS 及び RKE からの干渉電力がアマチュア局の許容干渉電力を超える確率

①　同一周波数利用

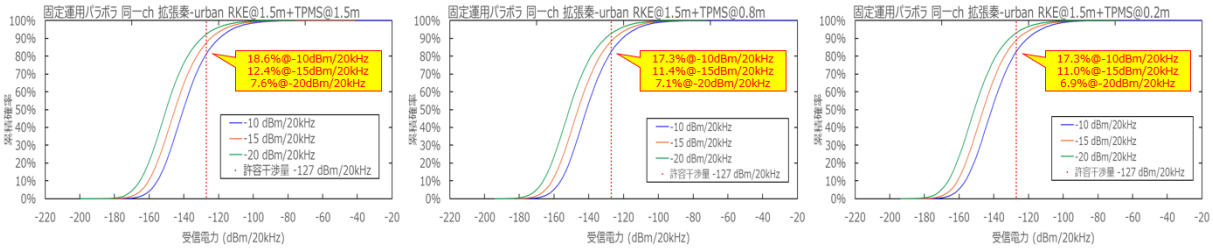
参表 4-11　TPMS 及び RKE からアマチュア局への干渉検討結果

被干渉局			アマチュア局																			
			固定・パラボラ				固定・八木				車載/ハンディ				レピータ（ホイップ）				レピータ（コリニアアンテナ）			
			普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2	
			干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号
与干渉局	TPMS（1.5m）＋RKE（1.5m）	−10dBm/20kHz	23.2%	参図4-34	18.6%	参図4-35	14.0%	参図4-36	10.2%	参図4-37	0.2%	参図4-38	0.1%	参図4-39	2.9%	参図4-40	2.2%	参図4-41	7.2%	参図4-42	5.4%	参図4-43
		−15dBm/20kHz	15.7%		12.4%		8.1%		5.6%		0.09%		0.08%		1.6%		1.2%		3.8%		2.8%	
		−20dBm/20kHz	9.7%		7.6%		4.3%		3.1%		0.07%		0.03%		0.9%		0.6%		1.9%		1.3%	
	TPMS（0.8m）＋RKE（1.5m）	−10dBm/20kHz	21.8%		17.3%		12.1%		9.2%		0.2%		0.1%		2.5%		1.9%		6.8%		4.7%	
		−15dBm/20kHz	14.5%		11.4%		7.2%		5.1%		0.1%		0.07%		1.4%		1.0%		3.5%		2.4%	
		−20dBm/20kHz	8.7%		7.1%		3.8%		2.6%		0.07%		0.05%		0.6%		0.5%		1.8%		1.3%	
	TPMS（0.2m）＋RKE（1.5m）	−10dBm/20kHz	21.8%		17.3%		12.7%		9.1%		0.2%		0.1%		2.7%		1.9%		6.7%		4.8%	
		−15dBm/20kHz	14.2%		11.0%		7.0%		5.2%		0.1%		0.06%		1.3%		1.0%		3.3%		2.5$	
		−20dBm/20kHz	8.6%		6.9%		3.6%		2.5%		0.07%		0.03%		0.7%		0.6%		1.8%		1.2%	

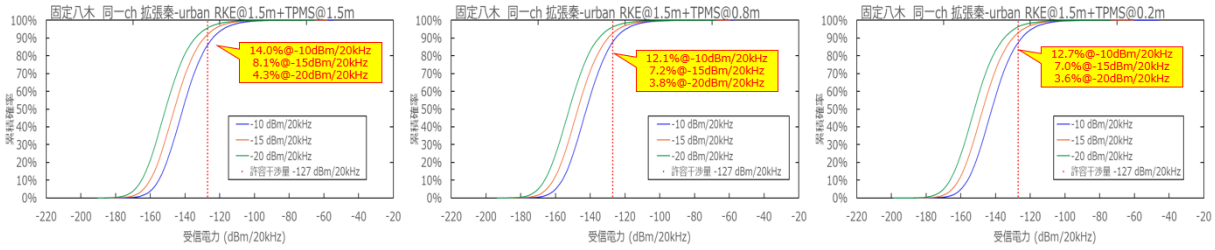
※赤字は、干渉発生確率が 3%を超えているもの



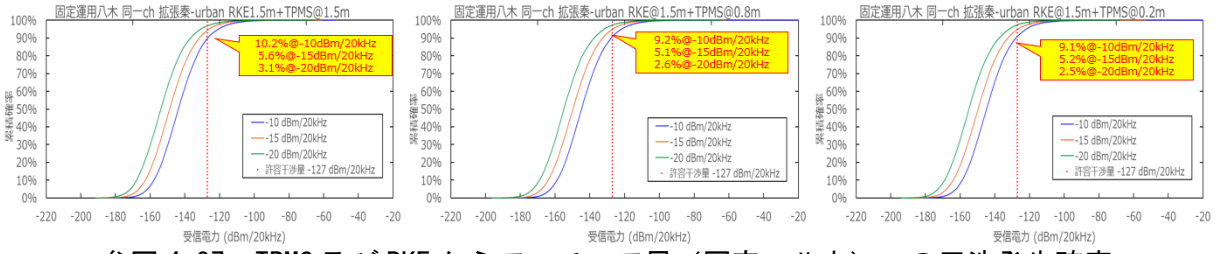
参図 4-34　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・パラボラ）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



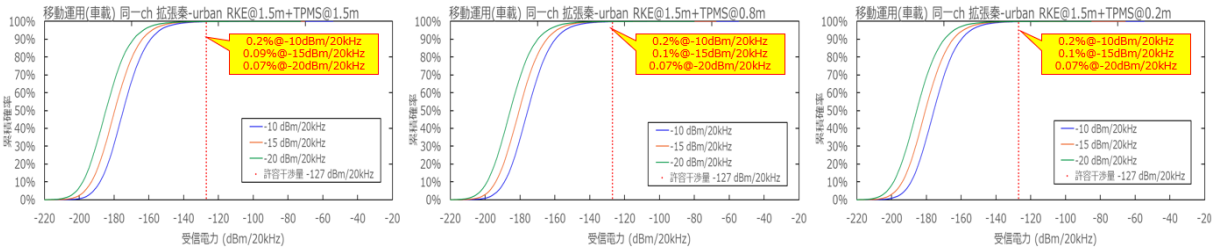
参図 4-35　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・パラボラ）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



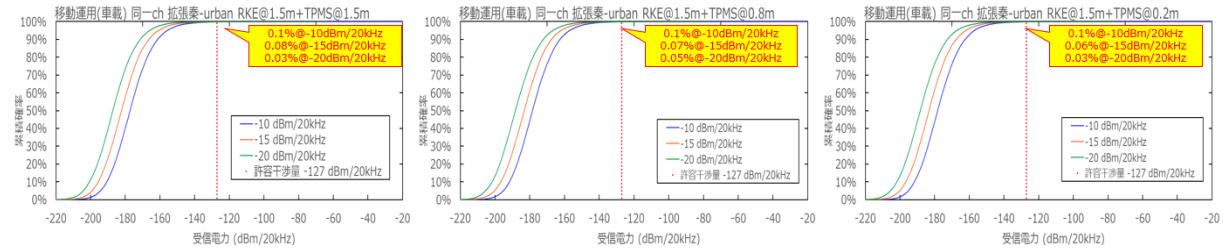
参図 4-36　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・八木）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



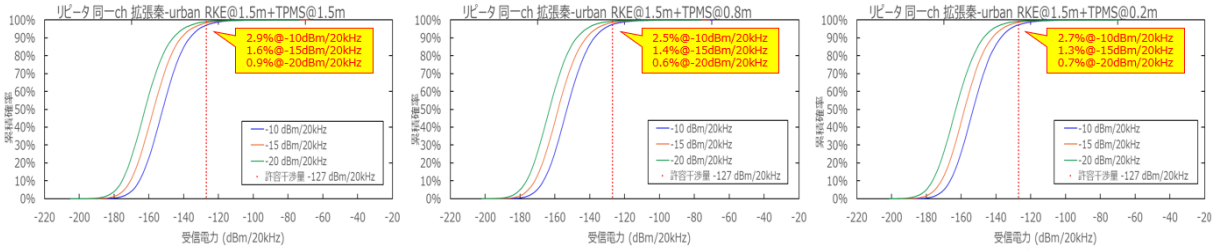
参図 4-37　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・八木）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



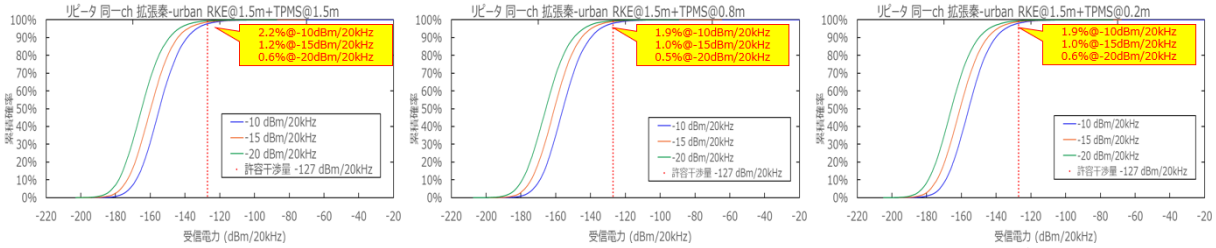
参図 4-38　TPMS 及び RKE からアマチュア局（移動・車載/ハンディ）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



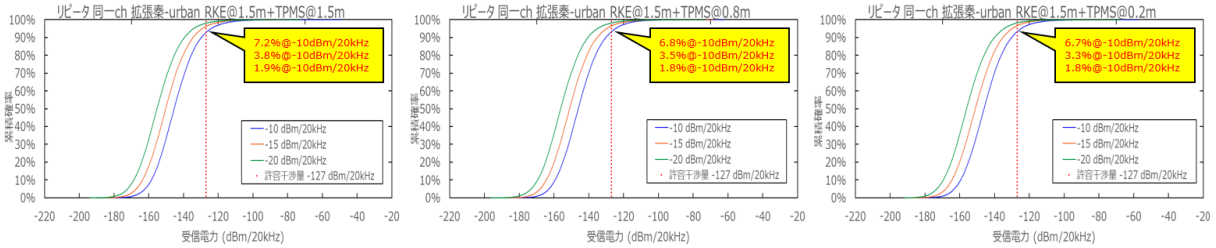
参図 4-39　TPMS 及び RKE からアマチュア局（移動・車載/ハンディ）への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



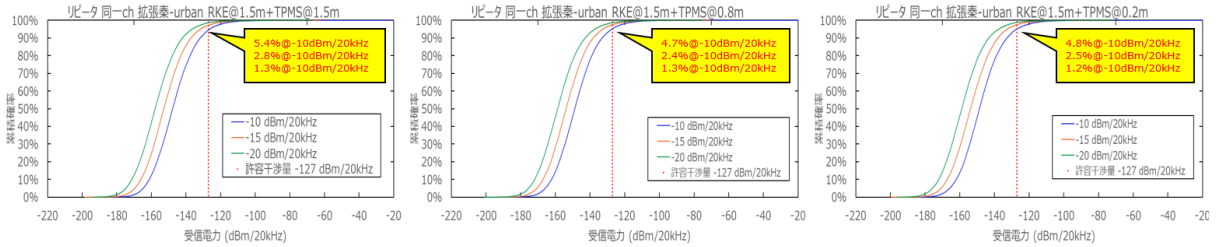
参図 4-40　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・レピータ（ホイップ））への
干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



参図 4-41　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・レピータ（ホイップ））への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



参図 4-42　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 1）

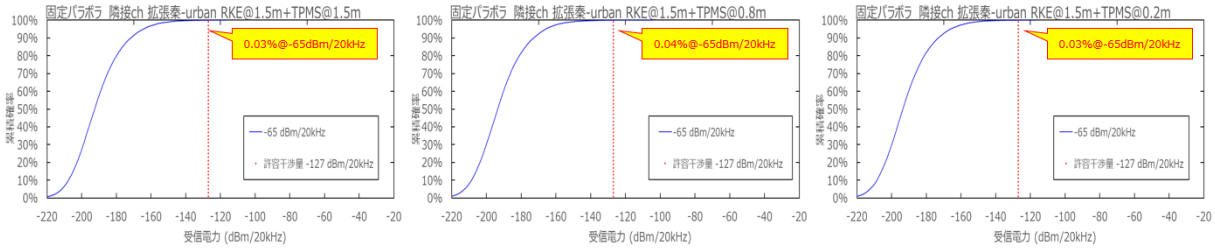


参図 4-43　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 2）

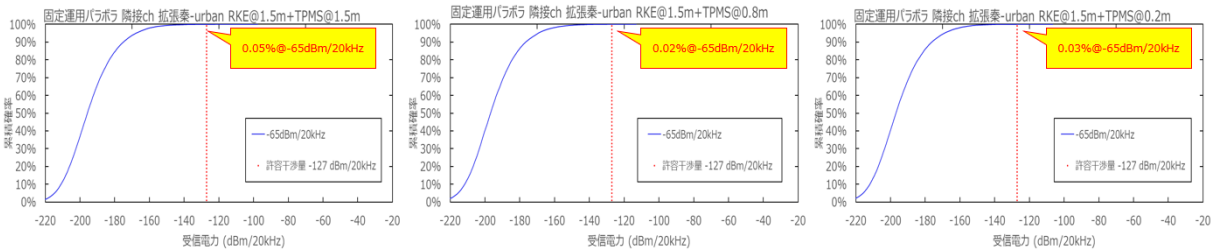
② 隣接周波数利用

参表 4-12　TPMS 及び RKE からアマチュア局への干渉検討結果

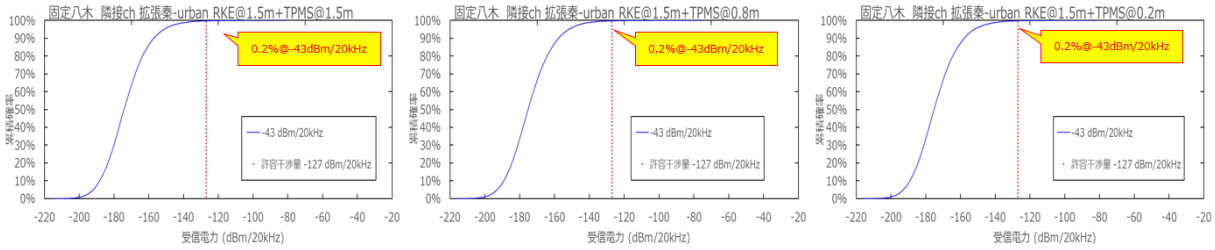
被干渉局			アマチュア局																			
			固定・パラボラ				固定・八木				車載/ハンディ				レピータ（ホイップ）				レピータ（コリニアアンテナ）			
			普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2	
			干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号
与干渉局	TPMS（1.5m）＋RKE（1.5m）	-65dBm/20kHz（パラボラ） -43dBm/20kHz	0.03%	参図4-44	0.05%	参図4-45	0.2%	参図4-46	0.2%	参図4-47	0.02%	参図4-48	0.01%	参図4-49	0.08%	参図4-50	0.05%	参図4-51	0.2%	参図4-52	0.1%	参図4-53
	TPMS（0.8m）＋RKE（1.5m）		0.04%		0.02%		0.2%		0.2%		0.02%		0.005%		0.07%		0.05%		0.1%		0.09%	
	TPMS（0.2m）＋RKE（1.5m）		0.03%		0.03%		0.2%		0.2%		0.005%		0.005%		0.09%		0.05%		0.1%		0.1%	



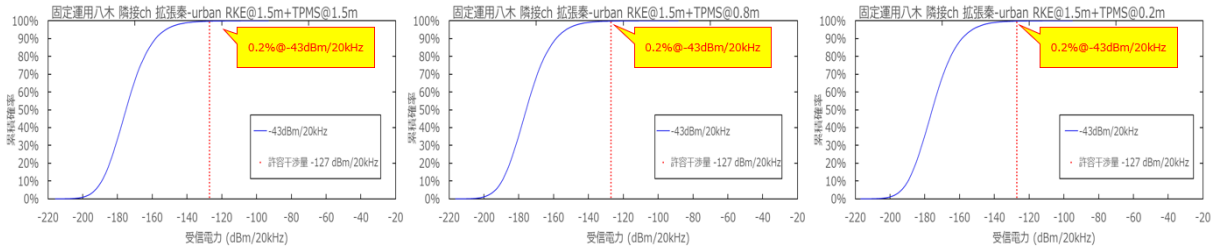
参図 4-44　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・パラボラ）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）



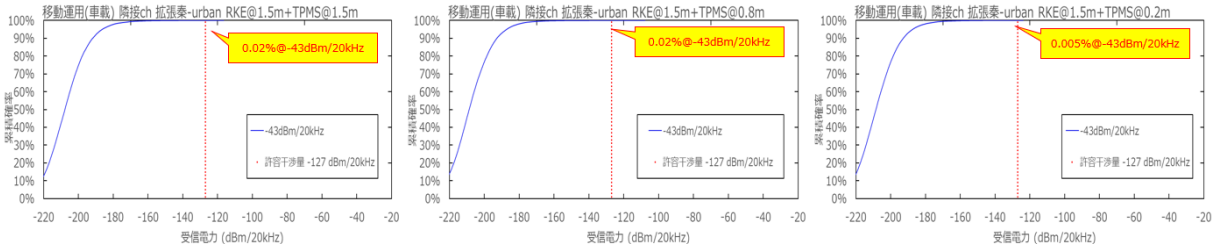
参図 4-45　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・パラボラ）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）



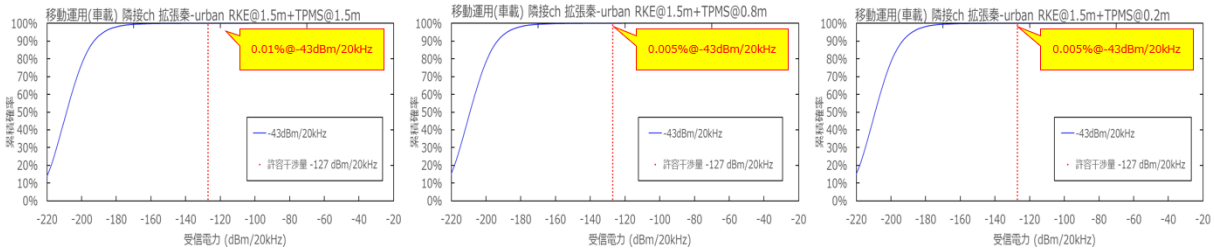
参図 4-46　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・八木）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）



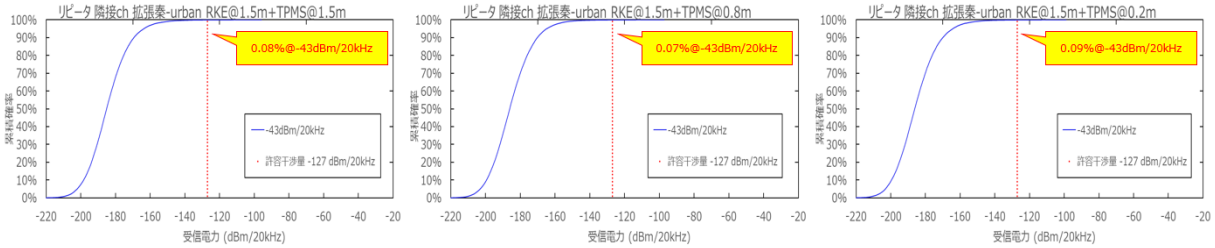
参図 4-47　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・八木）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）



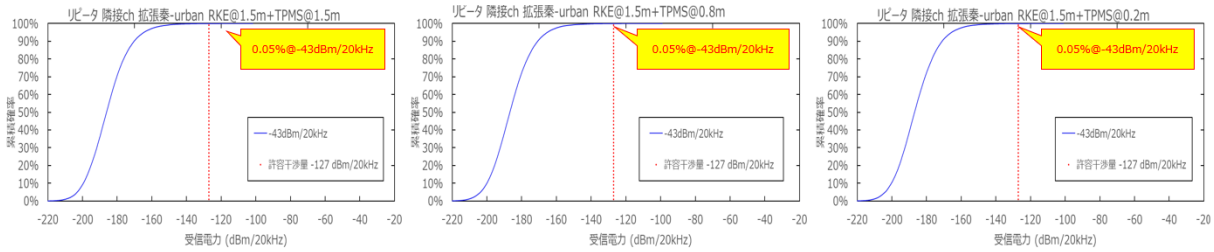
参図 4-48　TPMS 及び RKE からアマチュア局（移動・車載/ハンディ）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）



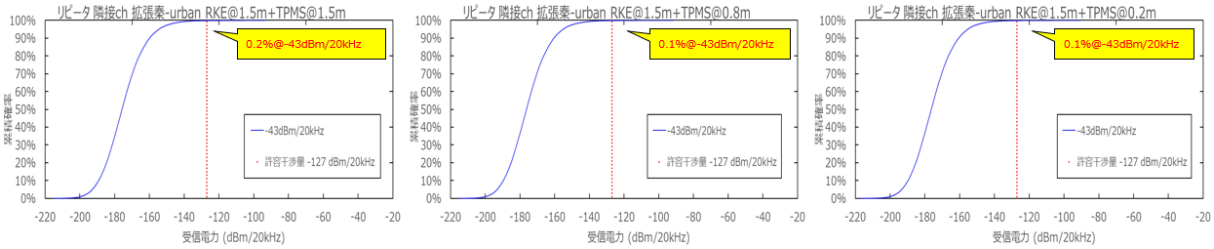
参図 4-49　TPMS 及び RKE からアマチュア局（移動・車載/ハンディ）への干渉発生確率
（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）



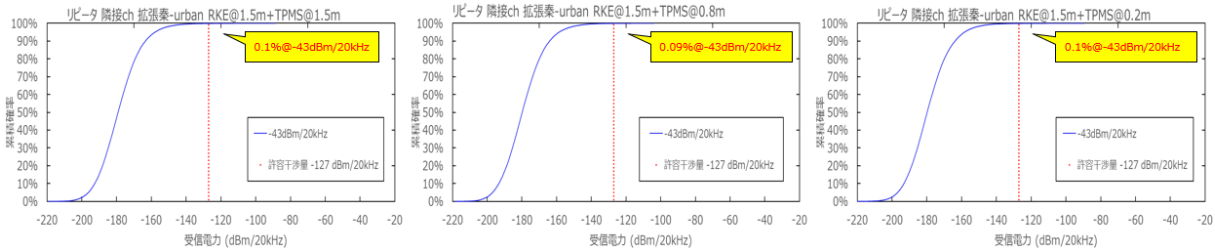
参図 4-50　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・レピータ（ホイップ））への
干渉発生確率（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）



参図 4-51　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・レピータ（ホイップ））への干渉発生確率（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）



参図 4-52　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率（隣接帯域利用、普及予測パターン 1）



参図 4-53　TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率（隣接帯域利用、普及予測パターン 2）

(4)　TPMS 及び RKE からの干渉電力が実機試験結果に基づき推定された許容干渉電力を超える確率

実機試験の結果に基づき、アマチュア局の交信実態（音質、ノイズ等）を考慮した場合において、音声評価レベル 3 以上を確保するために必要な許容干渉電力の推定を行った（詳細については、参考資料 3 参照）。

実機試験におけるアマチュア無線局の FM 信号の受信電力の推定値(注)は、-109.78 dBm/20kHz であり、この結果に基づく、音質評価レベル 4、音質評価レベル 3 を確保するために必要な許容干渉電力は、以下のとおり。

（注）空中線に到来する電力であり、空中線利得は考慮していない

参表 4-13　実機試験結果に基づき推定された許容干渉電力

	許容干渉電力の推定値	推定値に対する D/U 比
評価 4 に相当	-118.80dBm/20kHz	9.02dB
評価 3 に相当	-107.94dBm/20kHz	-1.84dB

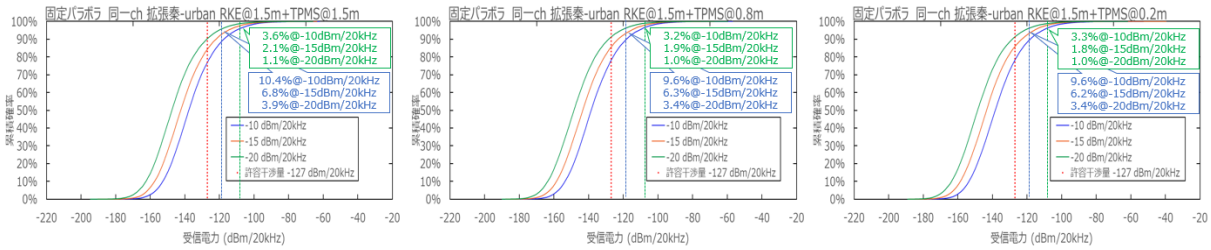
アマチュア局（固定・パラボラ）及びアマチュア局（固定・八木）での実運用環境におけ

る干渉影響を推定するため、TPMS 及び RKE からのアグリゲート干渉電力が、これらの許容干渉電力を超える確率について、モンテカルロシミュレーションによる検討を行った。

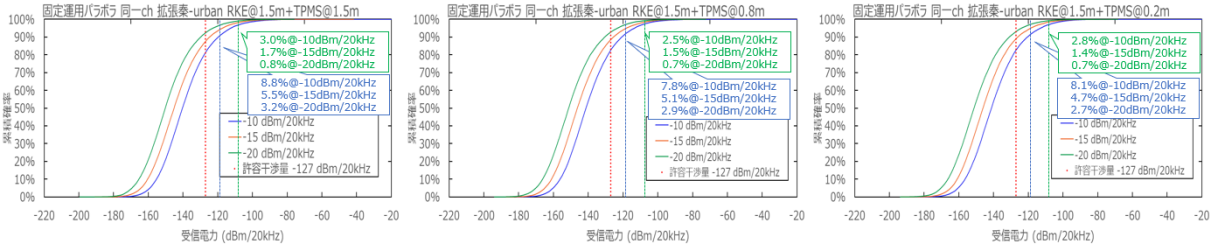
参表 4-14　実運用を想定した TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・パラボラ、固定・八木、固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉検討結果

被干渉局				アマチュア局											
				固定・パラボラ				固定・八木				固定・レピータ（コリニアアンテナ）			
			評価基準値（dBm/20kHz）	普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2		普及予測パターン1		普及予測パターン2	
				干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号	干渉発生確率	図表番号
与干渉局	TPMS（1.5m）＋RKE（1.5m）	-10dBm/20kHz	-118.8（評価4）	11.3%	参図4-54	9.2%	参図4-55	5.4%	参図4-56	3.9%	参図4-57	2.7%	参図4-58	1.9%	参図4-59
			-107.9（評価3）	3.9%		3.2%		1.4%		1.0%		0.6%		0.4%	
		-15dBm/20kHz	-118.8（評価4）	7.2%		5.7%		2.8%		2.0%		1.4%		0.9%	
			-107.9（評価3）	2.3%		1.8%		0.7%		0.5%		0.2%		0.2%	
		-20dBm/20kHz	-118.8（評価4）	4.3%		3.3%		1.5%		1.1%		0.7%		0.4%	
			-107.9（評価3）	1.2%		0.9%		0.4%		0.2%		0.2%		0.1%	
	TPMS（0.8m）＋RKE（1.5m）	-10dBm/20kHz	-118.8（評価4）	10.6%		8.3%		4.6%		3.4%		2.3%		1.5%	
			-107.9（評価3）	3.5%		2.7%		1.1%		0.9%		0.5%		0.4%	
		-15dBm/20kHz	-118.8（評価4）	6.9%		5.4%		2.6%		1.7%		1.2%		0.8%	
			-107.9（評価3）	2.2%		1.6%		0.7%		0.4%		0.3%		0.2%	
		-20dBm/20kHz	-118.8（評価4）	3.8%		3.0%		1.3%		0.9%		0.7%		0.5%	
			-107.9（評価3）	1.1%		0.8%		0.4%		0.2%		0.2%		0.1%	
	TPMS（0.2m）＋RKE（1.5m）	-10dBm/20kHz	-118.8（評価4）	10.5%		8.6%		4.7%		3.2%		2.3%		1.7%	
			-107.9（評価3）	3.6%		2.9%		1.1%		0.9%		0.6%		0.4%	
		-15dBm/20kHz	-118.8（評価4）	6.7%		5.1%		2.6%		1.8%		1.0%		0.8%	
			-107.9（評価3）	2.0%		1.5%		0.6%		0.5%		0.2%		0.2%	
		-20dBm/20kHz	-118.8（評価4）	3.8%		2.9%		1.4%		0.8%		0.6%		0.4%	
			-107.9（評価3）	1.1%		0.7%		0.4%		0.2%		0.2%		0.1%	

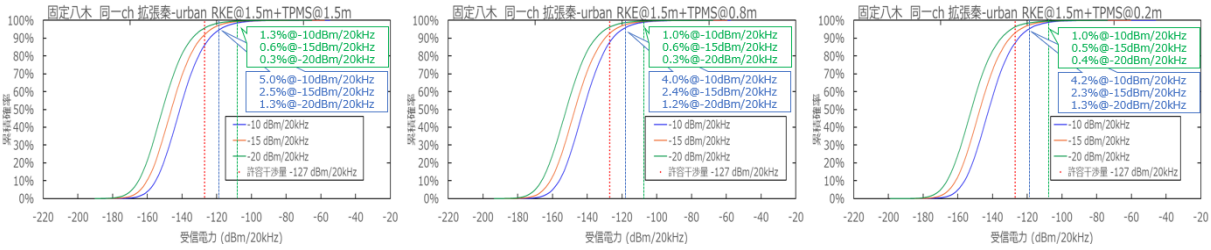
※網掛けは、干渉発生確率が 3%を超えているもの



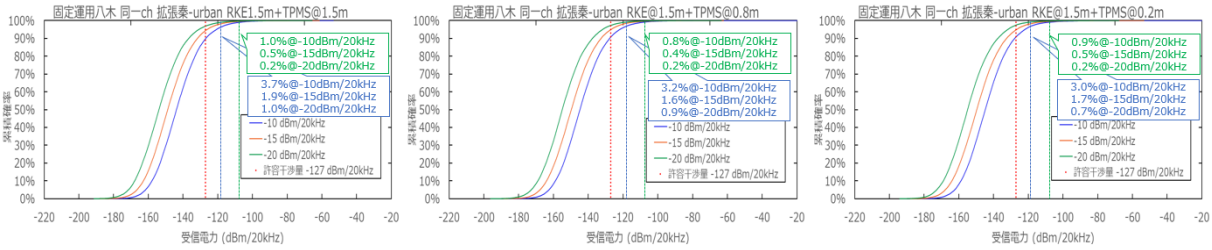
参図 4-54　実運用を想定した推定値に基づく TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・パラボラ）への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



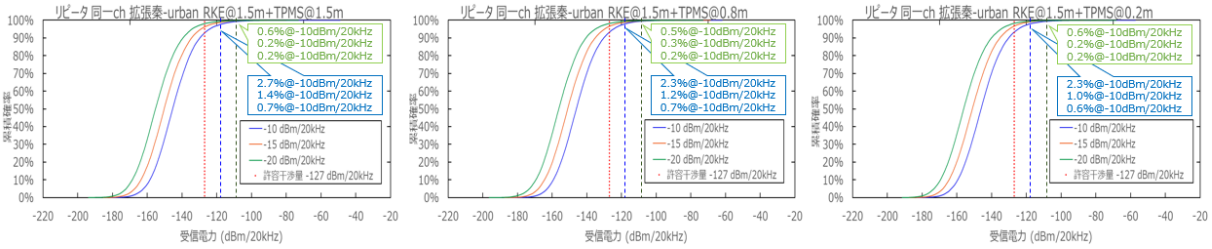
参図 4-55　実運用を想定した推定値に基づく TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・パラボラ）への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



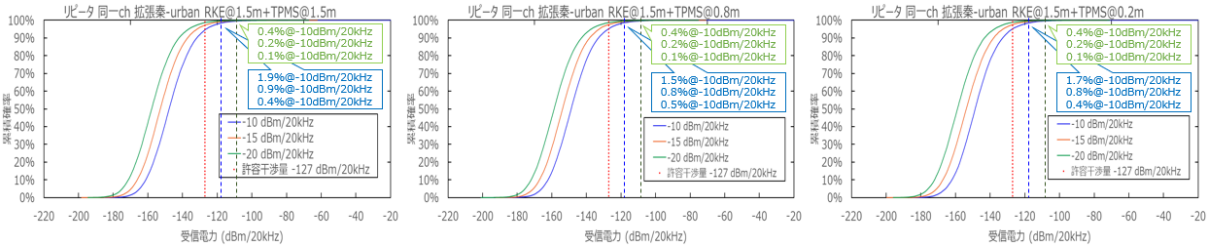
参図 4-56　実運用を想定した推定値に基づく TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・八木）への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



参図 4-57　実運用を想定した推定値に基づく TPMS 及び RKE からアマチュア局（固定・八木）への干渉発生確率（同一帯域利用、普及予測パターン 2）



参図 4-58　実運用を想定した推定値に基づく TPMS 及び RKE からアマチュア局
（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 1）



参図 4-59　実運用を想定した推定値に基づく TPMS 及び RKE からアマチュア局
（固定・レピータ（コリニアアンテナ））への干渉発生確率
（同一帯域利用、普及予測パターン 2）

参考資料５　アマチュア無線局の受信電圧(電力)に対する干渉波の離調周波数ごとの所要 D/U 比の測定について

433.92MHz 付近は近距離の交信用として主に使用されており、この交信は FM で行われるため、希望波のレベルが干渉波に比べて高い場合に混信を受けにくい特性を有している。

TPMS/RKE とアマチュア局が同一又は隣接する周波数を利用する場合を想定し、TPMS/RKE で主に用いられる変調信号（F1D、A1D）によって混信を受けたアマチュア無線局の離調周波数ごとの所要 D/U 比の特性を測定し、個々の干渉波の変調特性に対する所要 D/U 比の傾向を評価するため、以下の予備的検討を行った。

１　測定方法

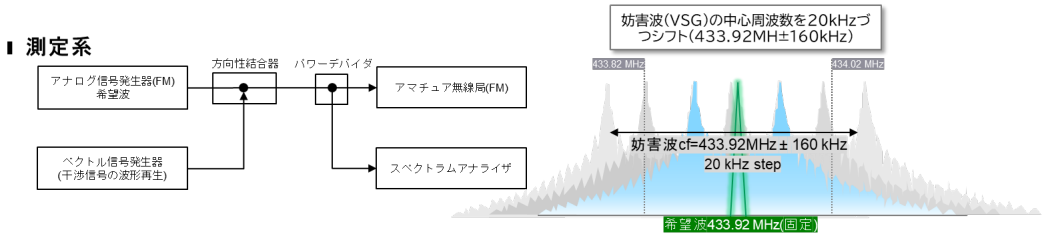
測定方法は、以下のとおり。

【測定方法】

- 供試無線局（アマチュア局）を中心周波数 433.92MHz の希望波で受信させ、干渉波（TPMS/RKE を想定）の周波数を変化させながら、離調周波数ごとの供試無線局の耐干渉特性を測定する。
- 供試無線局と干渉波は、以下のとおり。
  供試無線局: iCOM IC-9700 (FM/430MHz 帯)
  干渉波: VSG による波形再生、レベル設定(可変)、周波数設定(可変)
  波形は代表的な 3 種を使用 (RKE1[2 値 FSK:F1D]、RKE2[ASK:A1D]、TPMS[2 値 FSK:F1D])
- 供試器に加える 433.92MHz の希望波は、FM（変調信号 1kHz サイン波、デビエーション 3.5kHz）において 12dB SINAD となる受信電圧から 6dB 高い電圧を加えた状態とする。
- 433.92MHz からはじめ、±20～160kHz の離調周波数において干渉波を加え、12dB SINAD となるときの干渉波の電圧(電力)を記録する。
- 希望波と干渉波のレベルの比を D/U として記録する

２　測定系・測定項目等

測定系、測定項目等については、以下のとおり。



測定項目	全電力	離調した妨害波の433.92MHzの周波数点における20kHz幅の電力
希望波受信電力	✔	-
妨害波の電力	✔	✔
D/U比	上の値の比	希望波受信電力と上の値の比

参図 5-1　所要 D/U 比の測定に係る測定系等

3　所要 D/U 比の測定結果

干渉波の周波数を 433.92MHz±160kHz（20kHz チャネル間隔）として、所要 D/U 比を測定した結果及び干渉信号の占有周波数帯域幅内において 20kHz 又は 5kHz チャネル間隔で D/U 比を測定した結果は、以下のとおり。

①2 値 FSK（RKE1）

供試器(iCOM IC-9700)の設定

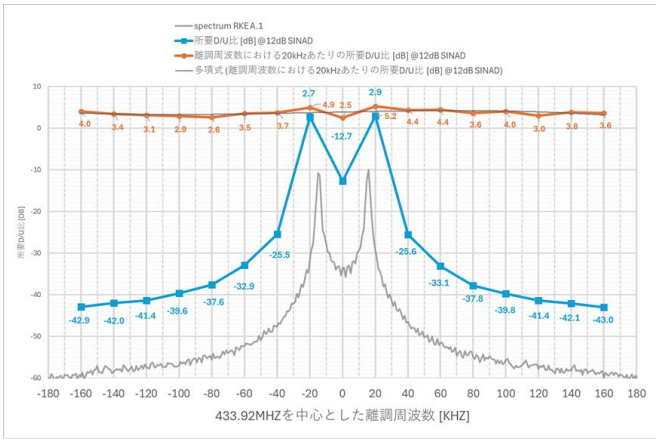
受信周波数	433.92MHz (固定)	
受信変調信号	FM (変調信号1kHz sine, 変調度 3.5kHz)	
受信レベル(D)	-12dBμV [-119dBm]	12dB SINAD +6dB
フィルタ設定	FIL1 (Digital IF filter 1)	通過帯域幅 15kHz

干渉波(VSG)の設定

波形ファイル	RKE A.1	
周波数設定	433.92MHz± 160kHz	step 20kHz
変調方式	2値FSK (F1D)	
送信レベル (U)	12 dB SINAD 追い込みレベル [dBm]	

D/U比 = (D) – (U)　[dB][1]

[1] マイナス値は妨害波の方が大きい



参図 5-2　干渉波:433.92MHz±160kHz で所要 D/U 比を測定した結果（2 値 FSK（RKE1））

②ASK（RKE2）

供試器(iCOM IC-9700)の設定

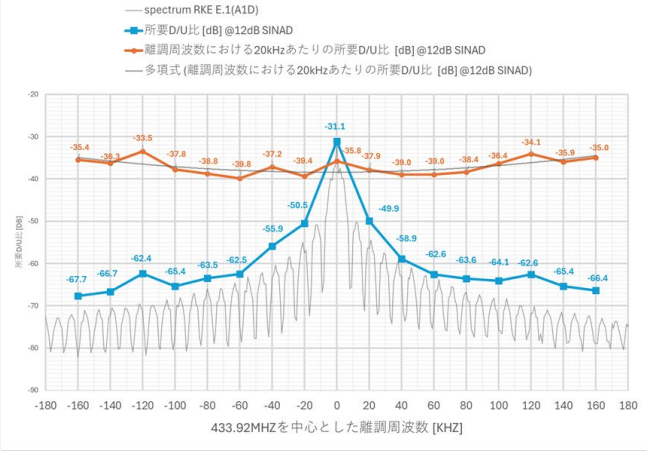
受信周波数	433.92MHz (固定)	
受信変調信号	FM (変調信号1kHz sine, 変調度 3.5kHz)	
受信レベル(D)	-12dBμV [-119dBm]	12dB SINAD +6dB
フィルタ設定	FIL1 (Digital IF filter 1)	通過帯域幅 15kHz

妨害波(VSG)の設定

波形ファイル	RKE E.1	
周波数設定	433.92MHz± 160kHz	step 20kHz
変調方式	ASK (A1D)	
送信レベル (U)	12 dB SINAD 追い込みレベル [dBm]	

D/U比 = (D) – (U)　[dB][1]

[1] マイナス値は干信号の方が大きい



参図 5-3　干渉波:433.92MHz±160kHz で所要 D/U 比を測定した結果（ASK（RKE2））

③2 値 FSK（TPMS）

供試器(iCOM IC-9700)の設定

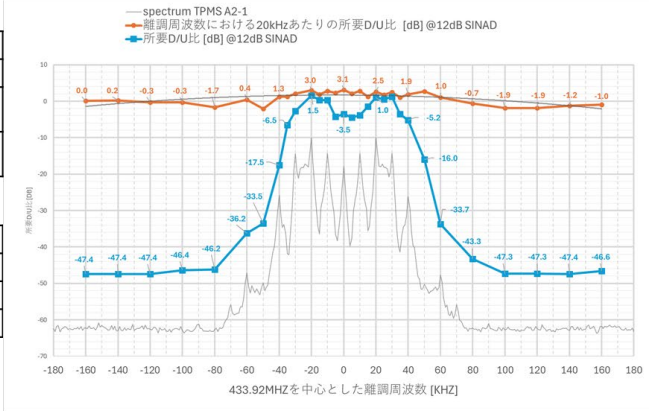
受信周波数	433.92MHz (固定)	
受信変調信号	FM (変調信号1kHz sine, 変調度 3.5kHz)	
受信レベル**(D)**	-12dBμV [-119dBm]	12dB SINAD +6dB
フィルタ設定	FIL1 (Digital IF filter 1)	通過帯域幅 15kHz

妨害波(VSG)の設定

波形ファイル	TPMS A.2-1	
周波数設定	433.92MHz± 160kHz	step 20kHz
変調方式	2値FSK (F1D)	
送信レベル **(U)**	12 dB SINAD 追い込みレベル [dBm]	

D/U比 = (D) – (U)　[dB][1]

[1] マイナス値は干信号の方が大きい



参図 5-4　干渉信号の占有周波数帯域幅内において 20kHz 又は 5kHz チャネル間隔で D/U 比を測定した結果（2 値 FSK（TPMS））

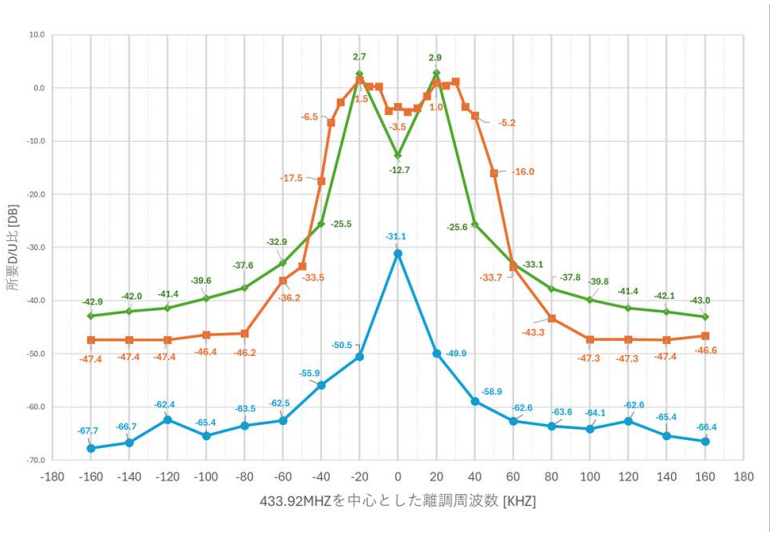
３で得られた測定結果を比較した結果は、以下のとおり。

干渉信号3方式の比較

◆ RKE (F1D)

● RKE (A1D)

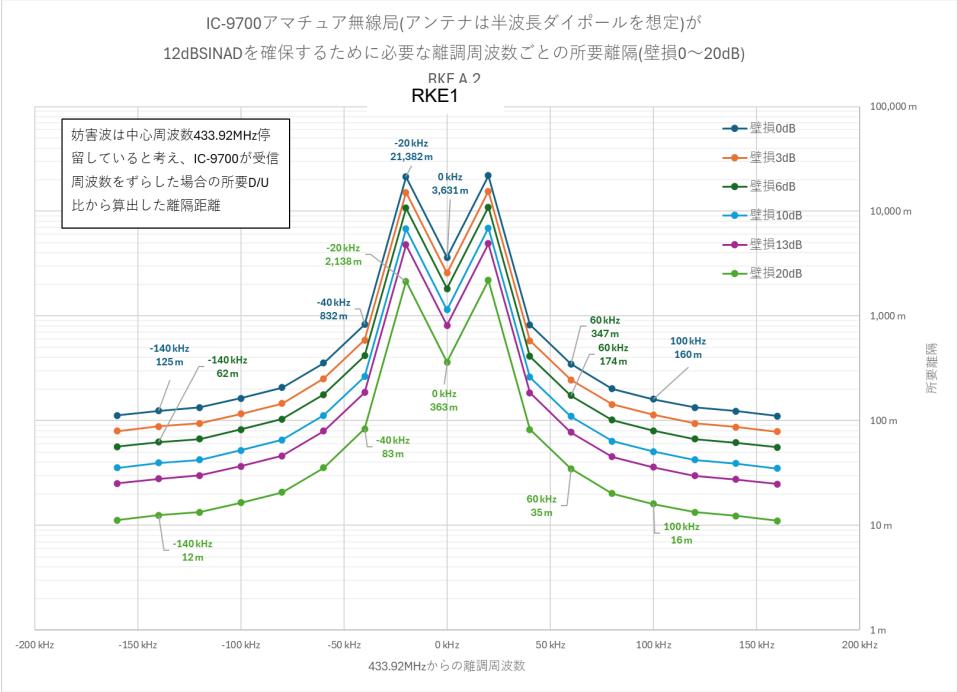
■ TPMS (F1D)



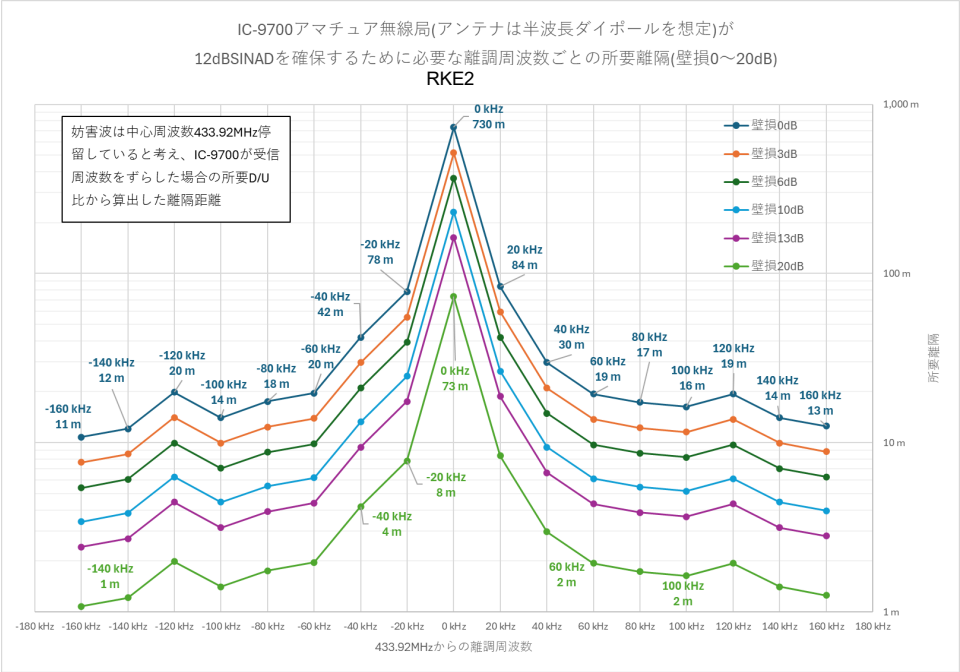
参図 5-5　3 方式における測定結果の比較

4　12dB SINAD の所要離隔（自由空間+壁損）

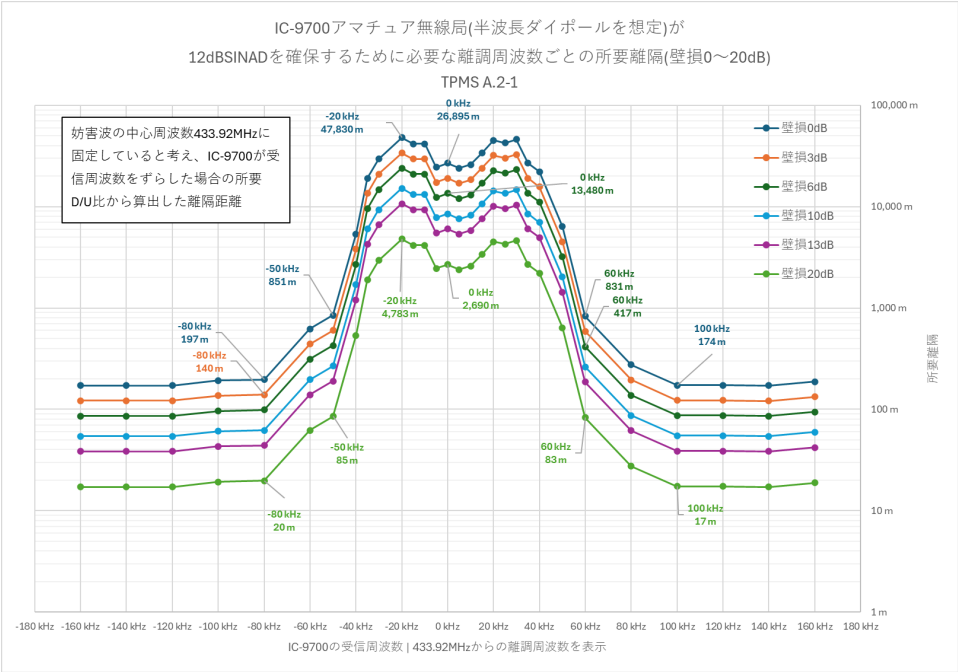
自由空間損失に基づく離隔距離の計算結果は、以下のとおり（干渉波の EIRP は、実測値を使用）。



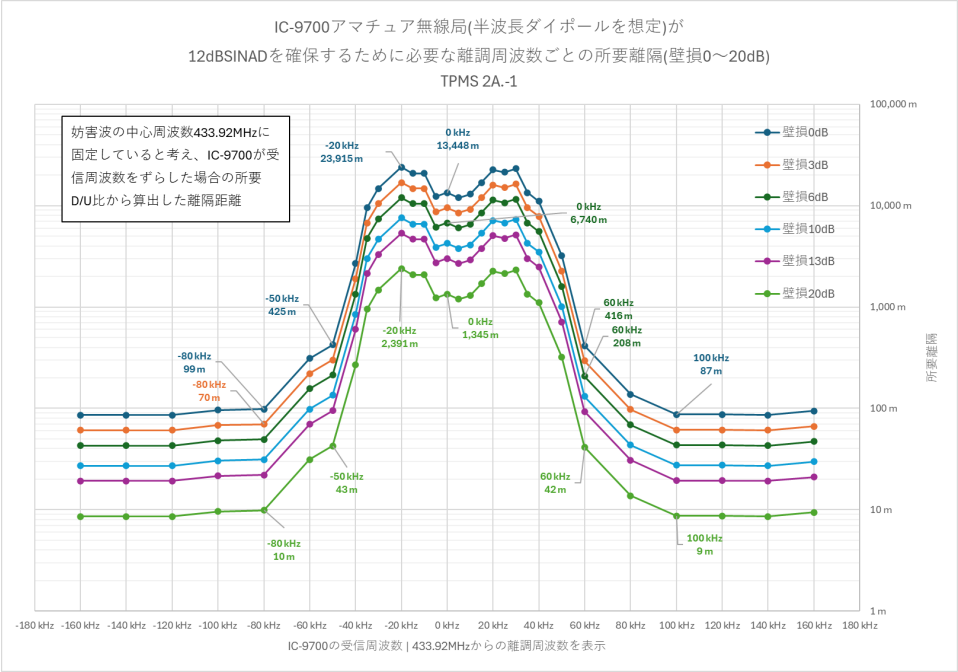
参図 5-6　　自由空間損失に基づく離隔距離の計算結果（2 値 FSK（F1D））



参図 5-7　　自由空間損失に基づく離隔距離の計算結果（ASK（A1D））



参図 5-8　四輪が同位相で重なる場合の計算結果（TPMS：2 値 FSK（F1D））

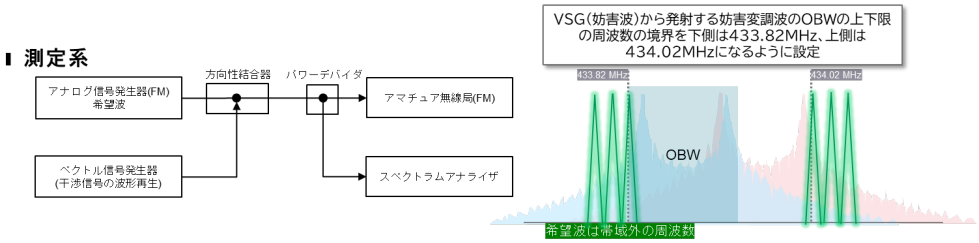


参図 5-9　一輪のみの場合の計算結果（TPMS：2 値 FSK（F1D））

5　帯域外における D/U 比の測定

上記と同様に、433.82～434.02MHz の帯域外において、アマチュア局の受信電圧(電力)に対する干渉波の離調周波数ごとの所要 D/U 比の測定を行った。

測定系等については、以下のとおり。



測定項目	全電力	希望波周波数点における 妨害波の 20 kHz幅の電力	希望波周波数点における 妨害波の 5 kHz幅の電力
希望波受信電力	✔	-	-
妨害波の電力密度	✔	✔	✔
D/U比	上の値の比	-	-

参図 5-10　帯域外における所要 D/U 比の測定に係る測定系等

6　帯域外における所要 D/U 比の測定結果

干渉信号の OBW の境界を BN の境界に配置した場合の帯域外領域における D/U 比測定結果は、以下のとおり。

①2 値 FSK（RKE1）

FM受信機(iCOM IC-9700)の設定

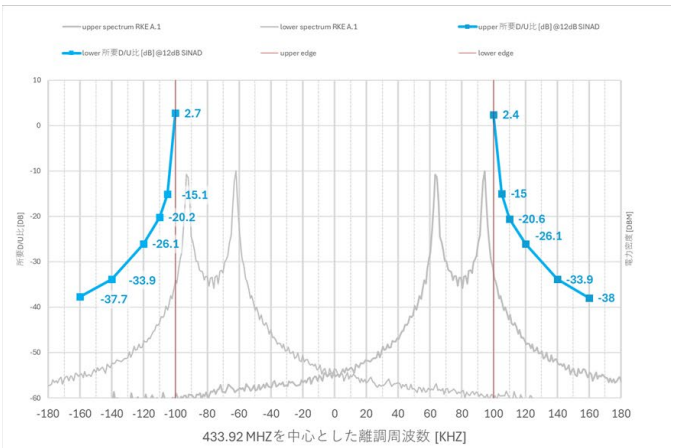
受信周波数	433.92MHz ± 100~160kHz	step 20/5kHz
受信レベル(D)	-12dBμV[-119dBm]	12dB SINAD +6dB
フィルタ設定	FIL1 (Digital IF filter 1)	通過帯域幅 15kHz

干渉信号(VSG)の設定

波形ファイル	RKE A.1
upper周波数設定	433.99833 MHz
lower周波数設定	433.841942 MHz
変調方式	2-FSK (F1D)
送信レベル (U)	12 dB SINAD 追い込みレベル [dBm]

D/U比 = (D) – (U)　[dB][1]

[1] マイナス値は干信号の方が大きい



参図 5-11　干渉信号の OBW の境界を BN の境界に配置した場合の帯域外領域において D/U 比を測定した結果（2 値 FSK（RKE1））

②ASK（RKE2）

FM受信機(iCOM IC-9700)の設定

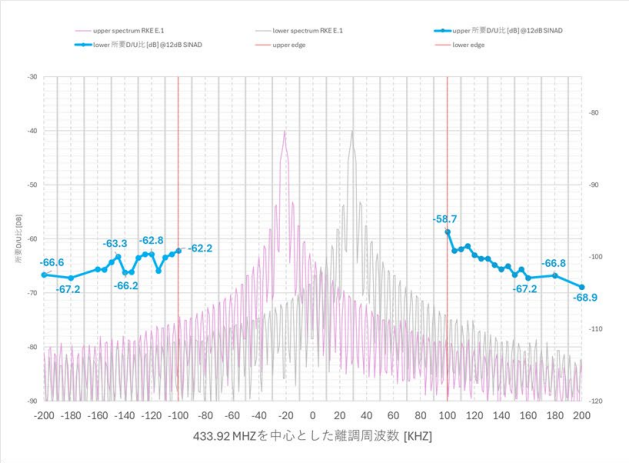
受信周波数	433.92MHz ± 100~160kHz	step 20/5kHz
受信レベル**(D)**	-12dBμV[-119dBm]	12dB SINAD +6dB
フィルタ設定	FIL1(Digital IF filter 1)	通過帯域幅 15kHz

干渉信号(VSG)の設定

波形ファイル	RKE E.1
upper周波数設定	433.949050MHz
lower周波数設定	433.898825MHz
変調方式	ASK(A1D)
送信レベル**(U)**	12dB SINAD追い込みレベル[dBm]

D/U比 = (D) – (U)　[dB][1]

[1] マイナス値は干信号の方が大きい



参図 5-12　干渉信号の OBW の境界を BN の境界に配置した場合の帯域外領域において D/U 比を測定した結果（ASK（RKE2））

FM受信機(iCOM IC-9700)の設定

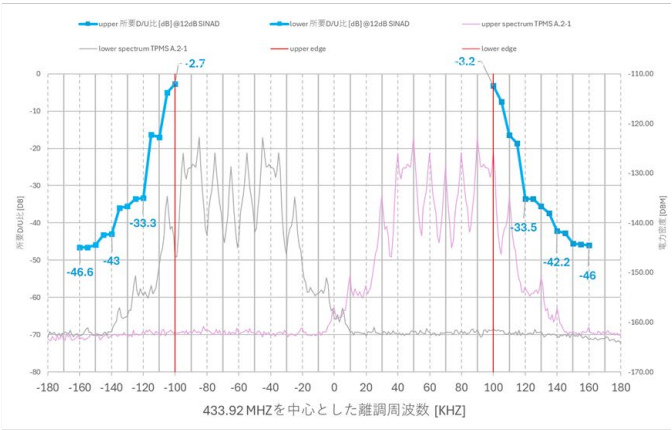
受信周波数	433.92MHz ± 100~160kHz	step 20/5kHz
受信レベル**(D)**	-12dBμV[-119dBm]	12dB SINAD +6dB
フィルタ設定	FIL1(Digital IF filter 1)	通過帯域幅 15kHz

干渉信号(VSG)の設定

波形ファイル	TPMS A.2-1
upper周波数設定	433.989861MHz
lower周波数設定	433.855035MHz
変調方式	2-FSK(F1D)
送信レベル**(U)**	12dB SINAD追い込みレベル[dBm]

D/U比 = (D) – (U)　[dB][1]

[1] マイナス値は干信号の方が大きい



参図 5-13　干渉信号の OBW の境界を BN の境界に配置した場合の帯域外領域において D/U 比を測定した結果（2 値 FSK（TPMS））

7　評価結果まとめ

D/U 比の測定結果から、干渉波の変調特性に対する所要 D/U 比の傾向を評価した結果は、以下のとおり。

- 干渉波の変調によって電力が集中する周波数ポイントが異なり、干渉波の周波数のどこに所望波が当たるかによって混信の大きさが異なる。
- 20kHz あたりの電力密度における所要 D/U 比は、F1D（RKE、TPMS）において類似しており、概ね 0～5dB 程度、A1D の場合は-30～-40dB 程度となる。
- 離調周波数特性においては、変調帯域幅による違いはあるが、概ね干渉波の OBW 全帯域がアマチュア無線局の IF フィルタの外側に位置したとき、混信の影響は大幅に減少する。