

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TPMS・RKEに係る技術的条件」

報告（案） 概要

検討の背景

- タイヤ空気圧モニタリングシステム（TPMS:Tire Pressure Monitoring System）及びリモートキーレスエントリー（RKE : Remote Keyless Entry）は、我が国においては、平成19年に、315MHz帯を使用し、免許を要しない無線局（特定小電力無線局）として導入されている。
- 一方、国際的には433MHz帯を使用した同システムの普及が進み、433MHz帯がTPMS/RKEにおける世界標準周波数となっており、国際的な周波数協調を見据え、国内においても、新たな周波数の利用が求められている。
- このような状況を踏まえ、433MHz帯を使用するタイヤ空気圧モニタリングシステム及びリモートキーレスエントリーの技術的条件について検討を行った。

諸外国におけるTPMS・RKEの利用周波数

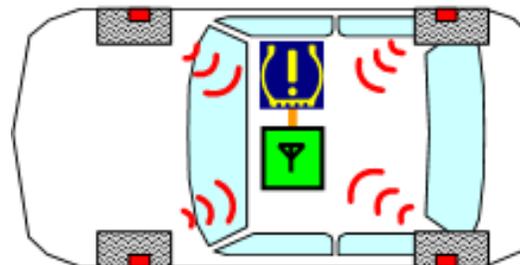
国	315MHz帯	433MHz帯
日本	○	×
米国	○	◎
EU	×	◎
中国	○	◎
韓国	○	○

※◎は、主に利用されている周波数帯

タイヤ空気圧モニタリングシステム (TPMS)



タイヤの空気圧を運転席で確認でき、タイヤの異常を把握できる



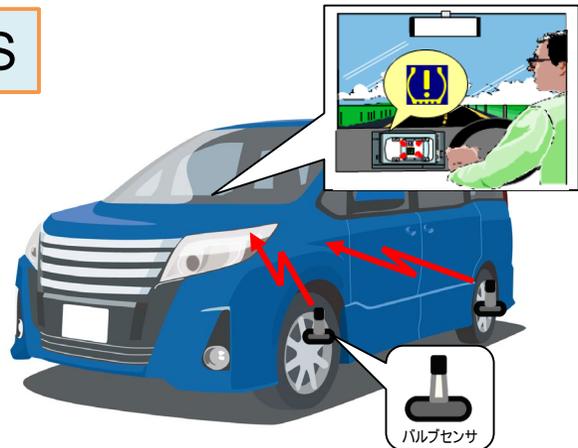
リモートキーレスエントリー (RKE)



- ・ドアロックの開閉
- ・エンジンスタート
- ・ドア開閉等の操作



TPMS



各タイヤバルブに装着されたセンサがタイヤの空気圧情報を読み取り、車両側の受信機に自動的にかつ一定間隔で送信

各センサが独立して動作し、走行状態に応じて、送信タイミングを自動的に変更。一般的に、「駐車時」、「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。
 (注) 通信時間や送信タイミングの設定はメーカーや機器により異なる

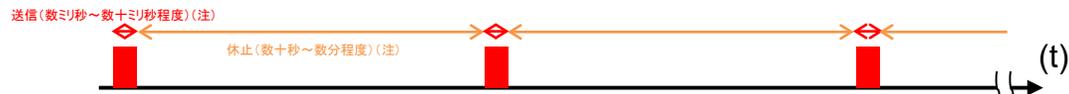
【駐車時】(短時間低頻度で送信。一定時間駐車後はスリープ状態へ移行)



【走行開始時】(高頻度で送信。規定回数送信後、走行時へ移行) ※

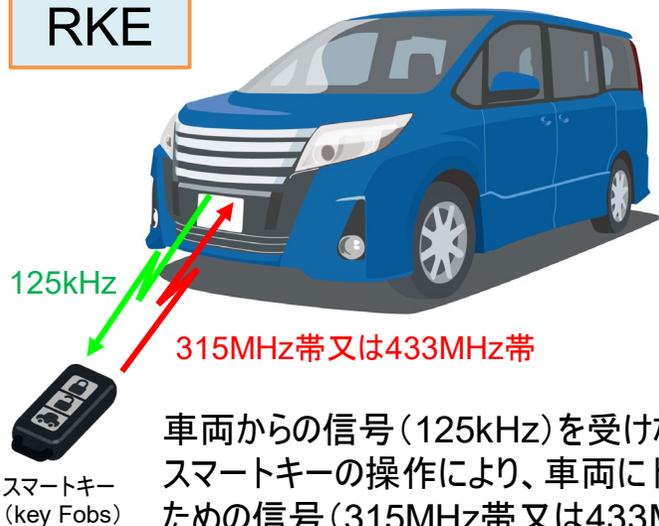


【走行時】(走行継続中、比較的低頻度で送信) ※



※タイヤの空気圧に異常を検知した場合は、緊急時の送信パターンに変更される

RKE



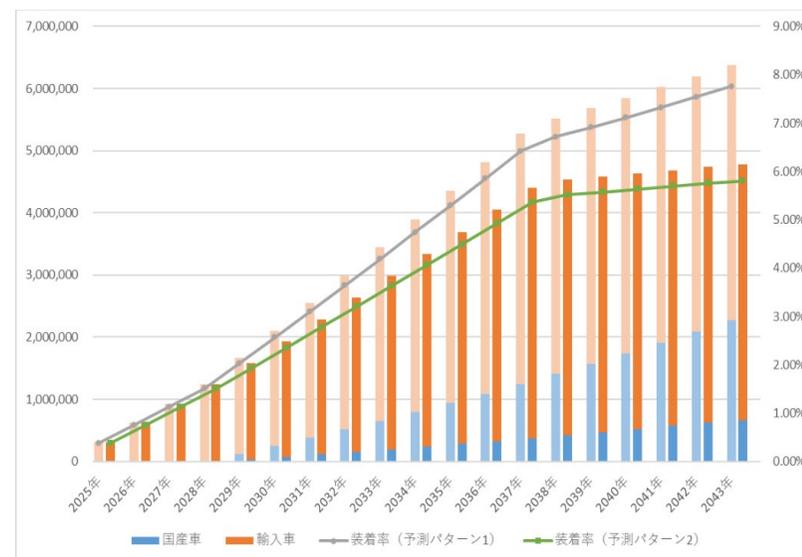
車両からの信号(125kHz)を受けた場合、又はスマートキーの操作により、車両にドアロック等のための信号(315MHz帯又は433MHz帯)を送信

【ロック／アンロック】、【電源オン】、【ドア開閉】等



■ TPMSの需要見込み

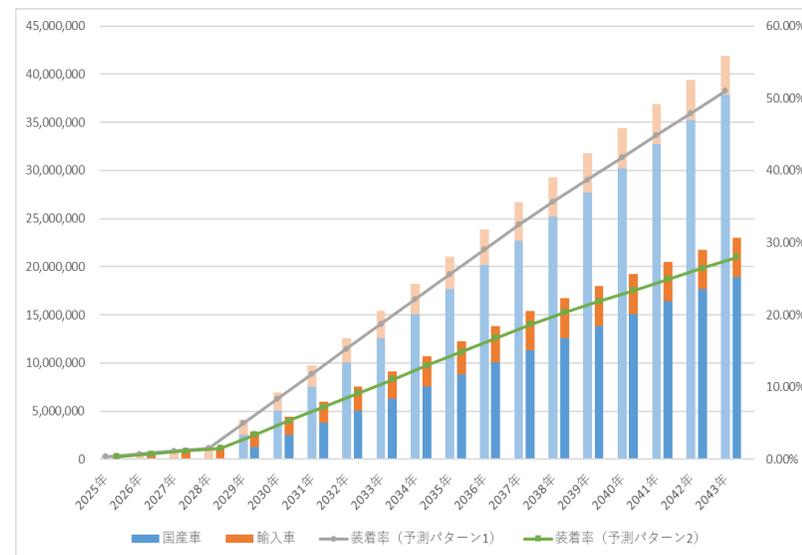
- 2022年における国内自動車保有台数は約8220万台、年間新規登録台数は国産車約420万台、輸入車約31万台
- この水準が今後も維持されることを前提に、制度導入から18年後(自動車の買い換えサイクルとなる14年に開発期間として4年を加算)の2043年をピークとして、一定の割合の新規国産車と全ての新規輸入車に433MHzシステムが導入されると仮定
- 国内の自動車のTPMS装着率は、2022年時点で2.2%。2043年まで年0.1%ずつ増加すると仮定した場合、装着率は2043年時点で4.3%となり、これを新規国産車の装着率とした(諸外国での義務化動向を考慮し、新規輸入車は装着率100%とした)
- 制度導入後、装着されるTPMSの全てが433MHzシステムと仮定した場合の国産車、輸入車の合計の普及台数は638万台【パターン1】
- 新規国産車に装着されるTPMSのうち30%が433MHzシステムであると仮定した場合の合計の普及台数は479万台【パターン2】



TPMSの普及台数(想定に基づく試算結果)

■ RKEの需要見込み

- TPMSと同様に、2043年まで、一定の割合の新規国産車と全ての新規輸入車に433MHzシステムが導入されると仮定
- 国内のRKE装着率はほぼ100%であることを踏まえ、制度導入後、新規国産車に装着されるRKEの60%、新規輸入車のRKEの全てが433MHzシステムと仮定した場合の国産車、輸入車の合計の普及台数は4191万台【パターン1】
- 新規国産車に装着されるRKEのうち30%が433MHzシステムであると仮定した場合の合計の普及台数は2301万台【パターン2】



RKEの普及台数(想定に基づく試算結果)

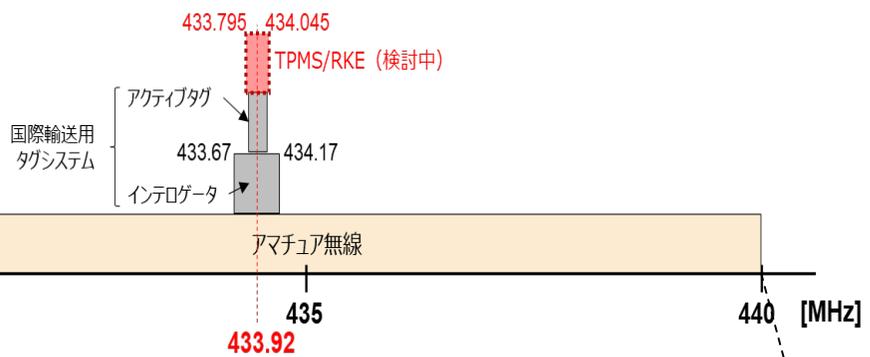
433MHz帯小電力システム（TPMS/RKE含む）に関する諸外国の技術基準

	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
必要帯域幅	中心周波数の0.25% (-20dB幅) ※433.92MHzの場合：1084.8kHz		—	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		—	—	±100×10 ⁻⁶ 以下
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)
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。 周期的運用は不可。ただし、 保安・安全用の監視等のため の通信は可 (1時間当たりの 送信時間の合計が2秒を超 えないもの)。 (警報状態中は除く。)	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。)

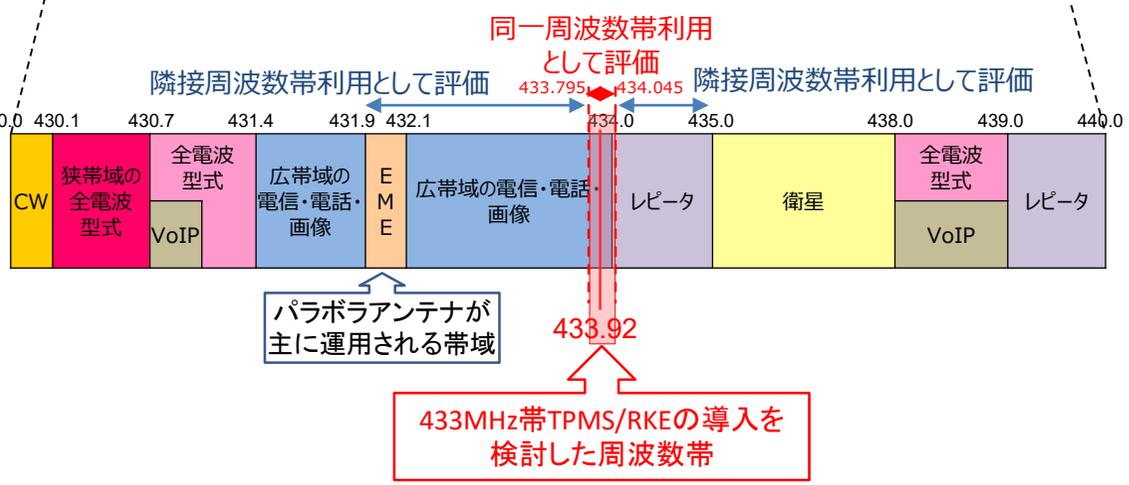
430MHz帯の我が国における利用状況

我が国では、430MHz帯は、一次業務としてアマチュア局、二次業務として国際輸送用タグシステムで使用されている。

対象周波数帯の利用状況 430MHz帯【単位：MHz】

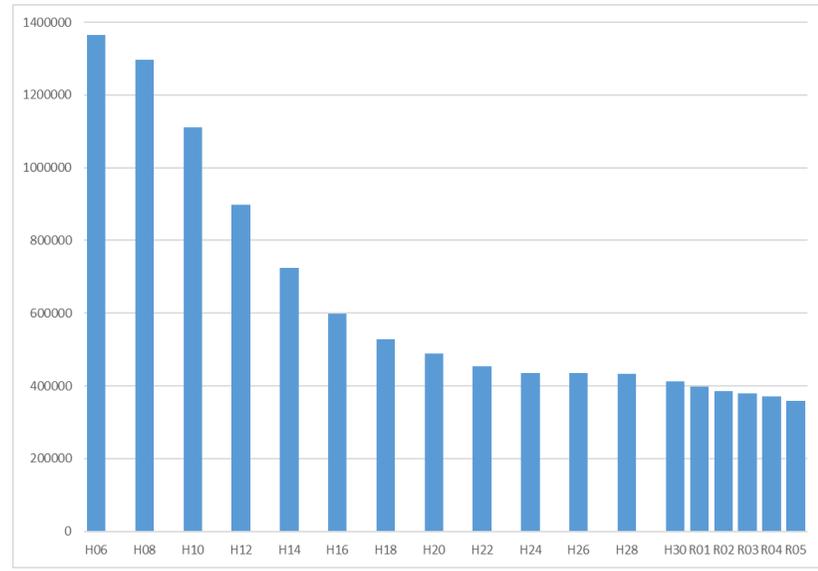


430MHz帯におけるアマチュア業務での周波数の使用区分



アマチュア局数の推移

(電波利用HPより)



国際輸送用タグシステムの認証件数

(電波の利用状況調査の結果より)

平成22年までに582台が認証済み。
平成23年以降の認証実績はない。

	技術基準適合証明	工事設計認証	台数 (合計)
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

433MHz帯TPMS/RKEと他の無線システムとの共用検討

共用検討の組合せ

与干渉		アマチュア局	国際輸送用 タグシステム	タイヤ空気圧 モニタリングシ ステム(TPMS)	リモート キーレスエントリ (RKE)
被干渉	月面反射 (EME) (パラボラ)			机上検討 実機試験 ①	机上検討 実機試験
	固定運用 (八木)				
	固定運用 (レピータ)				
	移動運用 (携帯・車載)				
国際輸送用タグシステム				机上検討 ②	机上検討
タイヤ空気圧モニタリング システム(TPMS)		机上検討 ④	机上検討 ③		
リモートキーレスエントリ (RKE)		机上検討 実機試験	机上検討		

共用検討に使用したシステムの諸元 (一次業務)

アマチュア局					
運用形態	固定運用		移動運用		固定運用 (レピータ)
	EME	広域の電信・電話・画像	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		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)				
空中線高	10m		1.5m	1.5m	20m
送信電力	50W以下 (月面反射通信を行う局では500W以下)				

共用検討に使用した各システムの諸元 (二次業務)

433MHz帯TPMS/RKE	
中心周波数	433.92MHz
占有周波数帯幅	250kHz
空中線電力(EIRP)	1mW (EIRP)
空中線高	TPMS:0.2m~1.5m RKE:1.5m
許容干渉電力	TPMS:-116dBm RKE:-113dBm
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
その他損失	TPMS:タイヤ外装損 2dB、車体損 10dB RKE:人体吸収損 8dB

国際輸送用タグシステム		
運用形態	アクティブタグ	インテロゲータ
中心周波数	433.92MHz	
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	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	
空中線高	2.0m	始動信号: 2.7秒以内、1時 間当たり1440秒以下 2~50m
許容干渉電力	-65dBm	

■ 共用検討方法

- 調査モデル1（1対1正対モデル）、調査モデル2（アンテナの高低差等を考慮したモデル）で所要離隔距離により共存可能性を検討
- 共存の判断が出来ない場合は、確率的評価である調査モデル3で検討し、総合的な判定を実施

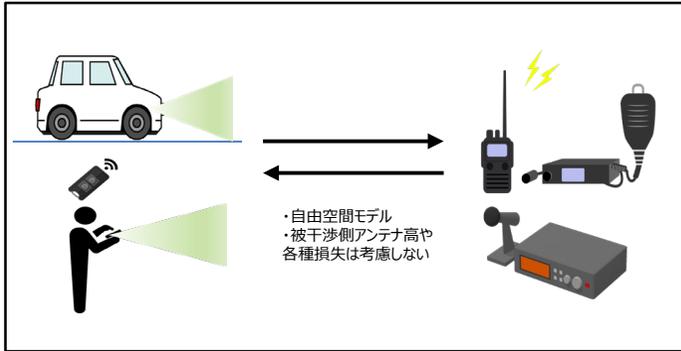
実機試験結果から、実運用において想定される許容干渉電力を算出し、調査モデル3の検討に追加

■ 実機試験

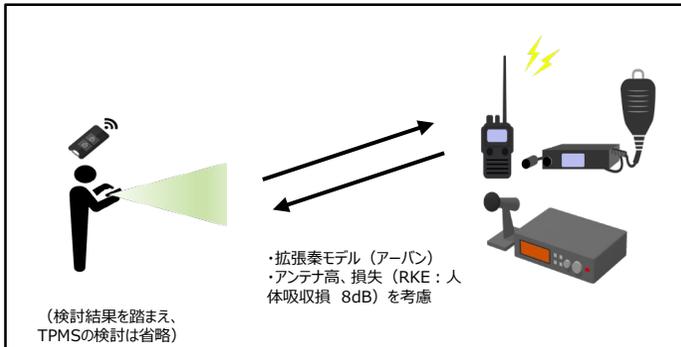
- 実機を用いたフィールド試験により、433MHz帯TPMS/RKEがアマチュア局に与える混信等の状況やアマチュア局の交信の音質劣化状況等を調査

■ 干渉調査モデル

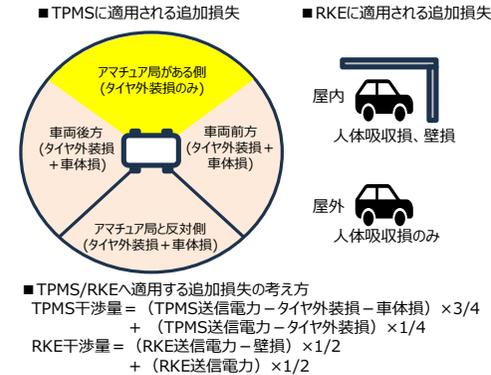
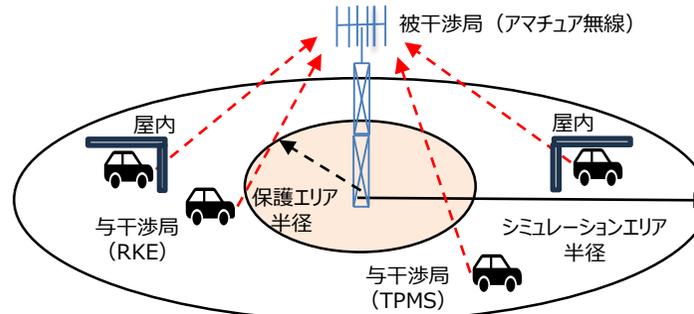
○ 調査モデル1（1対1正対モデル）で検討



○ 調査モデル2（アンテナ高低差等考慮モデル）で検討



○ 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モデル）で検討



与干渉局 被干渉局	TPMS/RKE			
	固定運用(パラボラ)	固定運用(八木)	移動運用(車載/ハンディ)	リピータ
想定エリア	東京を想定 (自動車保有台数: 約357万台)			
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			
	TPMS: 5.5km (パターン1)、6.4km (パターン2) (※) RKE: 5.0km (パターン1)、6.8km (パターン2) (※)			
	保護エリア半径			
	3m		2m	5m
	伝搬式			
	SEAMCAT 拡張素モデル (アーバン)			
	試行回数			
	20,000回			
	与干渉同時送信局密度			
	TPMS: 0.010 (パターン1)、0.008 (パターン2) RKE: 0.0127 (パターン1)、0.007 (パターン2)			
	空中線電力 (EIRP)			
	機器の実力値相当 (-10dBm/20kHz等)			
与干渉側	不要発射強度 (EIRP)		-43dBm/20kHz	
	-65dBm/20kHz			
	空中線高			
	TPMS: 0.2~1.5m RKE: 1.5m			
	その他損失			
	TPMS: タイヤ外装損 2dB、車体損 10dB RKE: 人体吸収損 8dB、建物侵入損 15dB			
	エリア内与干渉局数			
	1局			
被干渉側	受信空中線利得			
	30dBi	18dBi	5dBi	5dBi、12dBi
	アンテナパターン			
	ITU-R F.699-8	ITU-R F.1336-5	無指向	無指向
	空中線高			
	10m			
	許容干渉電			
	-127dBm/20kHz (-110dBm/MHz)			

※ 与干渉:同時送信局数が1台以上となるように、シミュレーションエリア半径を設定

共用検討の結果（調査モデル1及び2による評価結果）

TPMS/RKEとアマチュア局との共用については、調査モデル1及び2の検討結果を踏まえ、調査モデル3による検討を実施。

TPMS/RKEと国際輸送用タグシステムとの共用については、国際輸送用タグシステムの現状や設置場所の制限、両システムとも送信時間率が低いシステムであること等を考慮し、共用可能と判断。

■ 調査モデル1の検討結果

与干渉局	被干渉局	被干渉局の許容干渉電力 (dBm/20kHz)	利用状況	与干渉局の送信EIRP (dBm/20kHz)	所要離隔距離(注1)
① TPMS/RKE	アマチュア局	月面反射(EME)(パラボラ)(注2)	同一	0dBm	100km以上
			隣接	-10dBm	100km以上
		固定運用(八木)	同一	0dBm	977,500m
			隣接	-10dBm	309,000m
		固定運用(レピータ)	同一	0dBm	219,000m
			隣接	-10dBm	69,200m
	移動運用(携帯・車載)	同一	0dBm	219,000m	
			-10dBm	69,200m	
		隣接	-43dBm	1,547m	
			-43dBm	1,547m	

注1) 自由空間伝搬で検討

注2) 同一周波数での利用は基本的にないため、隣接周波数利用の結果で評価

■ 調査モデル1の検討結果（1次業務から2次業務への干渉）

与干渉局	被干渉局	被干渉局の許容干渉電力 (dBm/200kHz)	利用状況	与干渉局の送信EIRP (dBm/20kHz)	所要離隔距離(注1)
④ アマチュア局	TPMS	-116dBm	同一	46.99dBm	100km以上
	RKE	-113dBm	同一	46.99dBm	100km以上

注1) 自由空間伝搬で検討

■ 調査モデル2の検討結果

与干渉局	被干渉局	被干渉局の許容干渉電力 (dBm/20kHz)	利用状況	与干渉局の送信EIRP (dBm/20kHz)	伝搬モデル	所要離隔距離	調査モデル3の検討の要・不要	
① RKE (RKEの結果を踏まえ、TPMSの検討は省略)	アマチュア局	月面反射(EME)(パラボラ)(注2)	同一	0dBm	拡張秦(Urban)	1,340.5m	必要 (TPMSも必要)	
				-10dBm	拡張秦(Urban)	792m		
			隣接	-43dBm	拡張秦(Urban)	139.3m		
				-65dBm	拡張秦(Urban)	100m未満		
			固定運用(八木)	同一	0dBm	拡張秦(Urban)		712.8m
				隣接	-10dBm	拡張秦(Urban)		421m
		固定運用(レピータ)(ホイップ)	同一	0dBm	拡張秦(Urban)	1,572m		
			隣接	-10dBm	拡張秦(Urban)	929m		
		固定運用(レピータ)(コリニアアンテナ)	同一	0dBm	拡張秦(Urban)	2,273m		
			隣接	-10dBm	拡張秦(Urban)	1,342.5m		
		移動運用(携帯・車載)	同一	0dBm	拡張秦(Urban)	236.2m		
			隣接	-43dBm	拡張秦(Urban)	134.3m		
② TPMS	国際輸送用タグシステム(インテロゲータ)	同一	0dBm	自由空間	109.7m	不要		
			-10dBm	自由空間	34.7m			
		隣接	-43dBm	自由空間	不要			
			-43dBm	自由空間	不要			
		RKE	国際輸送用タグシステム(インテロゲータ)	同一	0dBm		自由空間	109.7m
				隣接	-10dBm		自由空間	34.7m
③ 国際輸送用タグシステム(インテロゲータ)	TPMS	同一	-4dBm (400μW)	自由空間	6,180m	不要(注3)		
			-4dBm (400μW)	自由空間	4,375m	不要(注3)		
	RKE	同一	0dBm	自由空間	4,368m	不要(注3)		
			0dBm	自由空間	3,090m	不要(注3)		

注2) 同一周波数での運用は基本的にないため、隣接周波数利用の結果で評価

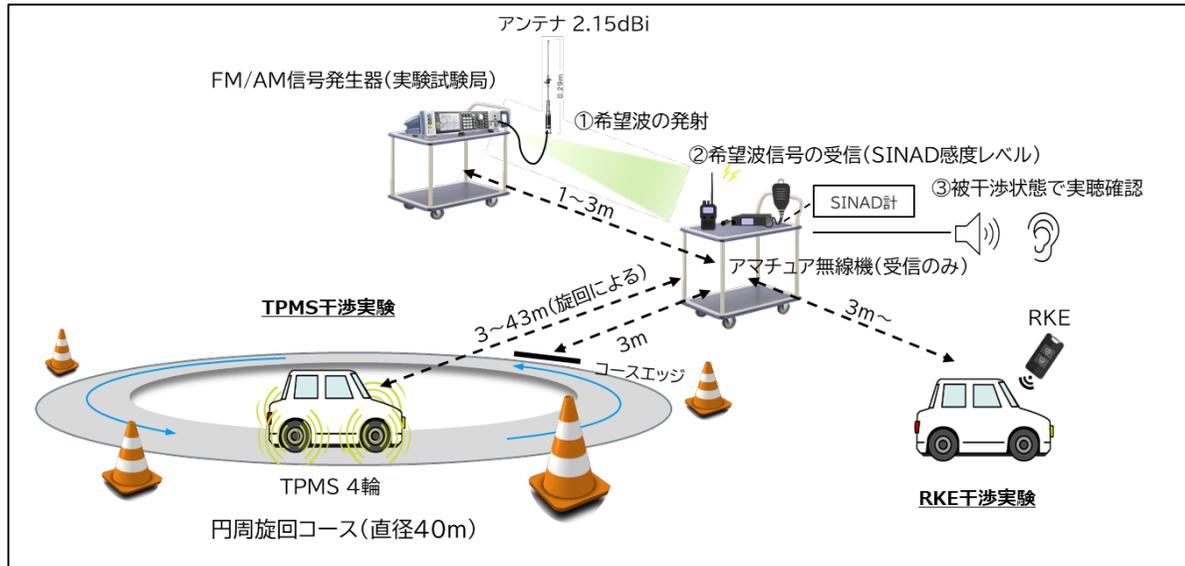
注3) 離隔距離は必要となるが、運用実態等を考慮すれば共用可能と判断できるため、調査モデル3の検討は不要

実機試験の結果

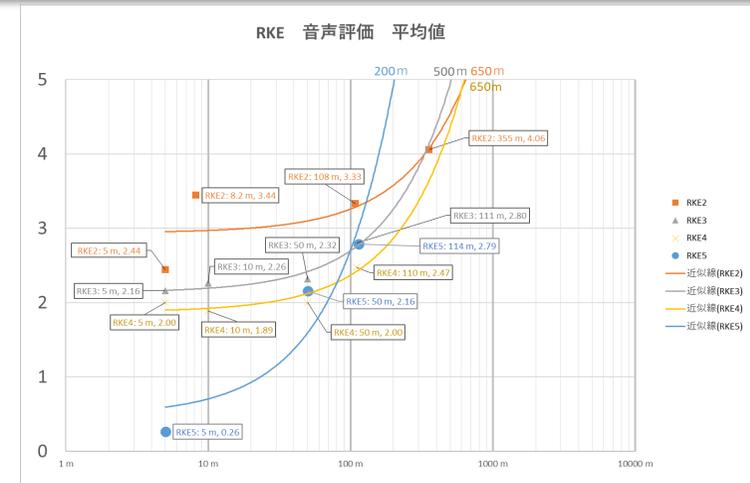
433.92MHz付近のアマチュア局の交信実態を踏まえ、実機を用いて、433MHz帯TPMS/RKEからの電波がアマチュア局の交信に与える影響等について検討を実施

【実機試験の結果（概要）】

- RKE/RKEともに混信による音質劣化が認められたが、TPMSでは、アマチュア無線機と接近した状態でも良好な受信が確認できた。RKEでは、高頻度の送信でも、概ね200~250m以上の距離を離すことで、評価3以上が確保できる見込み。
- 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。
- 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、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、同一周波数を利用する場合、TPMS/RKEの動作に大きな影響が生じる。一方で、周波数を900kHz以上離調した場合には、TPMS/RKEの動作に影響は見られなかった。



実機試験で用いた試験系



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	ノイズや雑音があるが通話は可能
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

音声に対するメリット評価の結果

共用検討の結果（調査モデル3（確率計算）による評価結果）

調査モデル3による検討の結果、多くの場合において、干渉発生確率は共用が可能なレベルであり、干渉発生確率が高い一部の組合せにおいても、アマチュア局の運用実態等を考慮すれば、実運用上、重大な干渉が発生する確率は低く、共用可能

■ 調査モデル3の検討結果（TPMS・RKEの合算評価）

与干渉局	被干渉局	被干渉局の許容干渉電力 (dBm/20kHz)	利用状況	干渉発生確率 (%)		評価
				普及予測パターン1	普及予測パターン2	
TPMS (注1) 及び RKE	月面反射 (EME) (パラボラ)(注2)	-127	同一	21.8%	17.3%	隣接での運用のため共用可能
		-65	隣接	0.04%	0.02%	共用可能
	固定運用 (八木)	-127	同一	12.1%	9.2%	追加検討要
		-43	隣接	0.2%	0.2%	共用可能
	固定運用 (レピータ)(コリニアアンテナ)	-127	同一	6.8%	4.7%	追加検討要
		-43	隣接	0.1%	0.09%	共用可能
	移動運用 (携帯・車載)	-127	同一	0.2%	0.1%	共用可能
		-43	隣接	0.02%	0.005%	共用可能

実機試験の結果やアマチュア局の運用実態を考慮し、追加検討

干渉発生確率が3%を超える組合せについて、433.92MHz付近の周波数におけるアマチュア局の実情や交信実態等を考慮した評価を行うため、実機試験の結果から推定される許容干渉電力に対して、モンテカルロシミュレーションによる確率計算を実施

実機試験の結果から、アマチュア無線におけるFM音声通話において、音質評価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。

この結果から推定される音質評価4及び3を確保するために必要と考えられる許容干渉電力は以下のとおり。

- ・評価4に相当： -118.80dBm/20kHz (D/U比：9.02dB)
- ・評価3に相当： -107.94dBm/20kHz (D/U比：-1.84dB)

アマチュア局の交信に重大な干渉（評価4、3以下）が発生する確率を算出

与干渉局	被干渉局	被干渉局の許容干渉電力 (dBm/20kHz)	干渉発生確率 (%)		評価
			普及予測パターン1	普及予測パターン2	
TPMS (注1) 及び RKE	アマチュア局 固定運用 (八木)	-118.8 (評価4に相当)	4.6%	3.4%	実運用上は、共用可能
		-107.94 (評価3に相当)	1.1%	0.9%	
	アマチュア局 固定運用 (レピータ)(コリニアアンテナ)	-118.8 (評価4に相当)	2.3%	1.5%	実運用上は、共用可能
		-107.94 (評価3に相当)	0.5%	0.4%	

(注1) TPMSのアンテナ高が0.8mの場合

実機試験の結果やアマチュア局の運用実態等を考慮すれば、実運用上、重大な干渉が発生する確率は低く、共用可能

(注1) TPMSのアンテナ高が0.8mの場合
(注2) 同一周波数利用は基本的にないため、評価は隣接周波数利用の結果を適用

■ 433MHz帯TPMS/RKEの用途等

- 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。
- 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。

■ 433MHz帯TPMS/RKEの主な技術的条件

他システムとの共用検討の結果や諸外国の規格との整合等に配慮して、パラメータを決定

項目	技術的条件
使用周波数	433.92MHz (433.795MHz~434.045MHz)
占有周波数帯幅の許容値	250kHz
空中線電力 (EIRP)	1mW
空中線電力の許容偏差	上限20%以内
通信方式	単信方式、単向通信方式、複信方式
送信時間制限	1時間当たりの総和を360秒以下。 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。
違法改造対策	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
不要発射の強度の許容値 (EIRP)	1GHz以下 (433.795MHz~434.045MHzを除く) : 250nW以下/100kHz 1GHz超 : 1μW以下/1MHz
受信設備が副次的に発する電波等の限度 (EIRP)	1GHz以下 : 4nW以下/100kHz 1GHz超 : 4nW以下/1MHz
キャリアセンス	規定しない