

433MHz帯RKE・TPMSとアマチュア無線機器のシングルエント リーシミュレーション検討結果

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 TPMS・RKEシステムアドホックグループ

株式会社ディーエスピーリサーチ

周波数共用条件の検討内容

- TPMS・RKEの被干渉は机上検討、与干渉は机上検討を基本とし、必要に応じ室内/屋外実験を実施。
- アマチュア無線及び国際輸送用データ伝送用アクティブタグシステム（以下、「港湾RFID」）の技術仕様については、過去の情報通信審議会での検討結果を参考とする。
- 干渉検討においては、自由空間モデルに構造物や人体等による損失、送受信アンテナの指向性などの条件を加味して、所要離隔距離を求めることを基本とする。

被干渉側 \ 与干渉側		アマチュア無線					港湾RFID	TPMS (タイヤ空気圧モニタリングシステム)	RKE (リモート・キーレス・エントリー)
		移動局 (携帯)	移動局 (車載)	固定局	固定局 (リピータ)	月面反射局			
アマチュア無線	移動局 (携帯)						検討済	机上検討 / 屋外実証	机上検討 / 屋外実証
	移動局 (車載)						検討済	机上検討 / 屋外実証	机上検討 / 屋外実証
	固定局						検討済	机上検討 / 屋外実証	机上検討 / 屋外実証
	固定局 (リピータ)						検討済	机上検討 / 屋外実証	机上検討 / 屋外実証
	月面反射						検討済	机上検討のみ	机上検討のみ
港湾RFID		検討済	検討済	検討済	検討済	検討済		机上検討のみ	机上検討のみ
TPMS (タイヤ空気圧モニタリングシステム)		机上検討のみ	机上検討のみ	机上検討のみ	机上検討のみ	検討しない	机上検討のみ		
RKE		机上検討のみ	机上検討のみ	机上検討のみ	机上検討のみ	検討しない	机上検討のみ		

①

②

③

④

RKE・TPMSからアマチュア無線機器及び港湾RFIDへの干渉検討手順等

リモートキーレスエントリーシステム（RKE）及びタイヤ空気圧モニタリングシステム（TPMS）から発射される電波がアマチュア無線機に与える影響について、それぞれの地上高、設置台数等に基づいたシングルエントリーシミュレーションを実施する。また、普及台数を考慮したモンテカルロシミュレーションにより実状に近い検討を行う。

これらのシミュレーション評価の結果、アマチュア無線機での許容干渉電力を超える場合は、実験試験局を取得し実機による影響の度合いを評価し、周波数供用が可能であるかを評価する。

許容干渉電力を満たす離隔距離を評価

・シングルエントリー

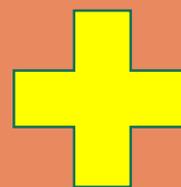
設置される地上高及びアンテナ特性を考慮した許容干渉電力を満たす離隔距離を評価

・シングルエントリー

シングルエントリーの結果、干渉の影響が大きいと思われる場合に以下を実施

普及台数及び設置環境を考慮した評価を実施

・モンテカルロシミュレーション



RKE又はTPMSから発射される電波をアマチュア無線機器で受信した際の影響度合いを、実機を用いて評価する

RKE/TPMS諸元

RKE/TPMSの諸元（特定小電力無線局 国際輸送用データ伝送設備の技術基準（狭帯域）を参考に取り纏め）

電波の型式	F1D, A1Dを想定
変調方式	FSK, ASKを想定
周波数	433.92MHz (433.82~434.02MHz)
占有周波数帯幅	200kHz
空中線電力 (E.I.R.P.)	1mW (実機確認によるE.R.I.P.値: 0.1mW程度) 参考: 国際輸送用データ伝送設備: データ伝送用1mW、データ制御用0, 4mW(制御時0.1mW)
空中線特性	無指向性
デューティサイクル (最悪条件)	1回あたりの送信時間1秒以内 (1時間当たり360秒以内) 且つ送信休止時間1ミリ秒以上
不要発射の強度の許容値 (E.I.R.P.)	1GHz以下 (433.82~434.02MHzを除く) : 250nW/100kHz、1GHz超 : 1uW/MHz 参考: 国際輸送用データ伝送設備: 1GHz以下 (433.67~434.17MHzを除く) : 250nW/100kHz、1GHz超 : 1uW/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)

同一周波数帯においてはRKE/TPMSが発射する電波の影響を評価、隣接周波数帯においてはRKE/TPMSの不要発射による影響を評価する

アマチュア無線局の諸元及びアンテナモデル

アマチュア無線局の諸元

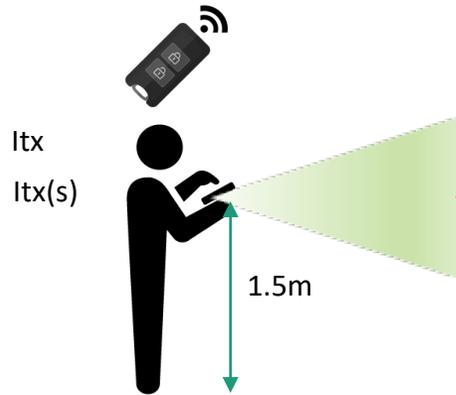
アマチュア無線					参照文書	
運用形態	固定運用		移動運用			リピータ
			車載	ハンディ		
アンテナタイプ	パラボラ	八木アンテナ	ホイップアンテナ		ホイップアンテナ	
空中線利得	30dBi	18dBi	5dBi		5dBi	
許容干渉電力	- 110dBm/MHz (-127dBm/20kHz)				報告書より	
空中線高	10m※2		1.5m※2	1.5m※3	20m※4	
送信電力	50W以下 (100mW程度の携帯型機から50Wの固定型機や車載機まで。ただし、月面反射通信を行う局では500W以下)				平成18年度情報通信審議会答申「433MHz帯アクティブタグシステムの技術的条件」より	

港湾RFIDシステム諸元

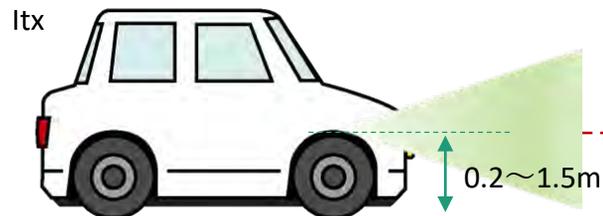
港湾RFIDの諸元（特定小電力無線局 国際輸送用データ伝送設備及び国際輸送用データ制御装置の技術基準等）

	国際輸送用データ伝送システム	国際輸送用データ制御装置
電波の型式	指定なし	
変調方式	指定なし	
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（E.I.R.P.）	1mW以下	400 μ W以下、始動信号は100 μ W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（E.I.R.P.）	1GHz以下（433.67~434.17MHzを除く）： 250nW/100kHz、1GHz超： 1 μ W/MHz	
送信時間制限装置	送信時間1秒以内、1時間当たり360秒以内、送信休止時間1ミリ秒超	
	---	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 （平成18年情通審報告書より）	2.0m	2~50m
許容干渉電力	-65dBm	

シングルエントリー① RKE/TPMSからアマチュア無線機器へのシミュレーションモデル (2ページ表中の①)



人がRKEを操作する地上高を1.5mと設定
人体のシャドーイングを考慮



TPMS地上高0.2~1.5mの範囲と設定
4輪の位置関係、タイヤとホイールの高周波特性、
車両の遮蔽特性等を考慮

空中線端での受信電力: $-127\text{dBm}/20\text{kHz}$
Distance (r)



アマチュア無線局の形態に応じて地上高、アンテナ指向性特性を考慮

空中線端での受信電力: $-127\text{dBm}/20\text{kHz}$
Distance (r)



アマチュア無線局の形態に応じて地上高、アンテナ指向性特性を考慮

シングルエントリー① RKE/TPMSからアマチュア無線機器へのシミュレーションモデル

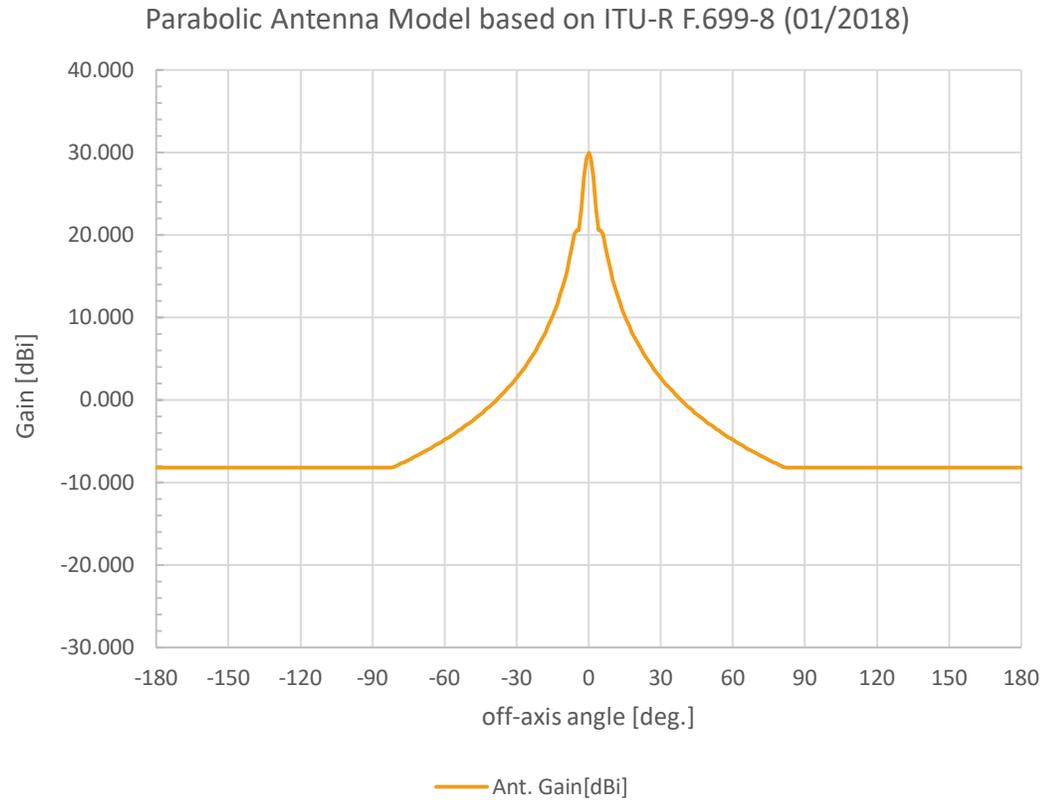


図2-1 パラボラアンテナのアンテナモデル Gain: 30dBi

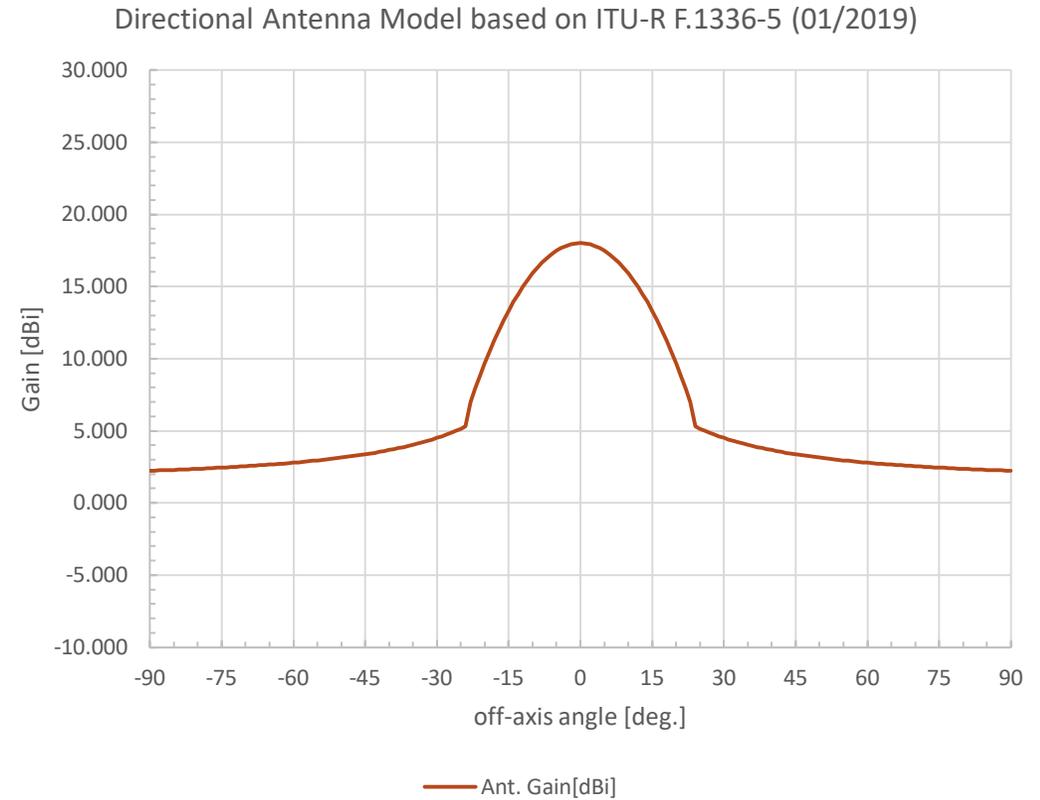


図2-2 八木アンテナのアンテナモデル (15エレ)
Gain: 18dBi, HPBA: 24deg.

シングルエントリー① 拡張泰式伝搬損失モデル RKE/TPMSからアマチュア無線機器への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, -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

受信レベルが-127dBm/20kHzとなる離隔距離 [m]

Vrx	Itx RKEの送信電力		市街地	郊外地	解放地
ハンディー・車載 (地上高: 1.5m)	0dBm	拡張泰	134.3	207.1	523.5
	-10dBm	拡張泰	100m未満	122.4	309.2
	-43.01dBm	拡張泰	100m未満	100m未満	100m未満
固定(八木) (地上高: 10m)	0dBm	拡張泰	712.8	1,099.5	2,778.0
	-10dBm	拡張泰	421.0	649.5	1,641.0
	-43.01dBm	拡張泰	100m未満	114.3	288.8
固定(パラボラ) (地上高: 10m)	0dBm	拡張泰	1,340.5	2,067.0	5,225.0
	-10dBm	拡張泰	792.0	1,221.5	3,086.0
	-43.01dBm	拡張泰	139.3	214.9	543.0
	-65dBm	拡張泰	100m未満	100m未満	170.7
レピーター (地上高: 20m)	0dBm	拡張泰	1,572.0	2,425.0	6,127.0
	-10dBm	拡張泰	929.0	1,433.0	3,620.0
	-43.01dBm	拡張泰	163.5	252.1	637.0

シングルエントリー① 拡張泰式伝搬損失モデル RKE/TPMSからアマチュア無線機器(ハンディー・車載)

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

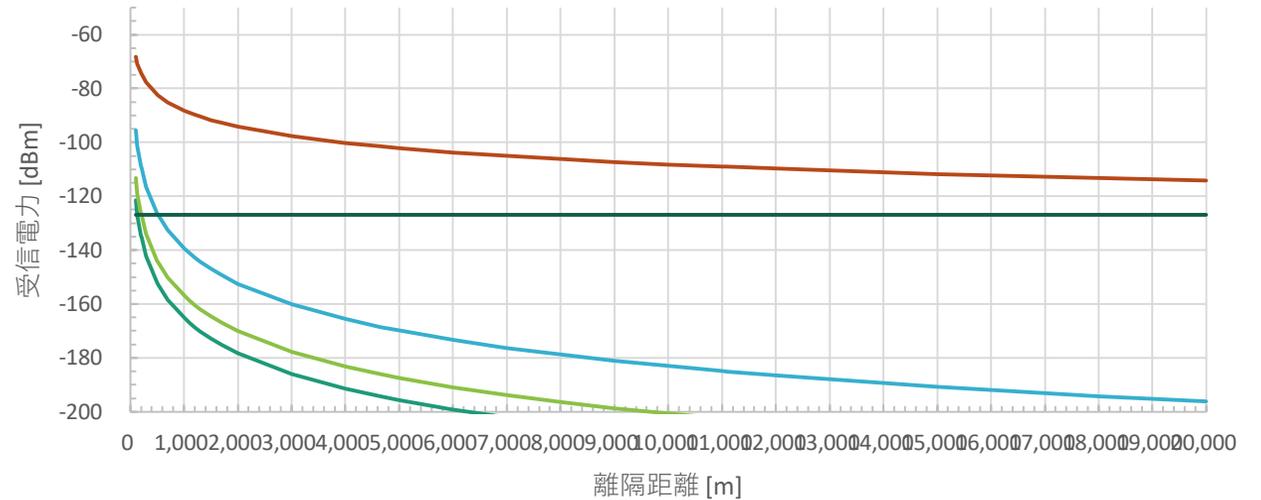
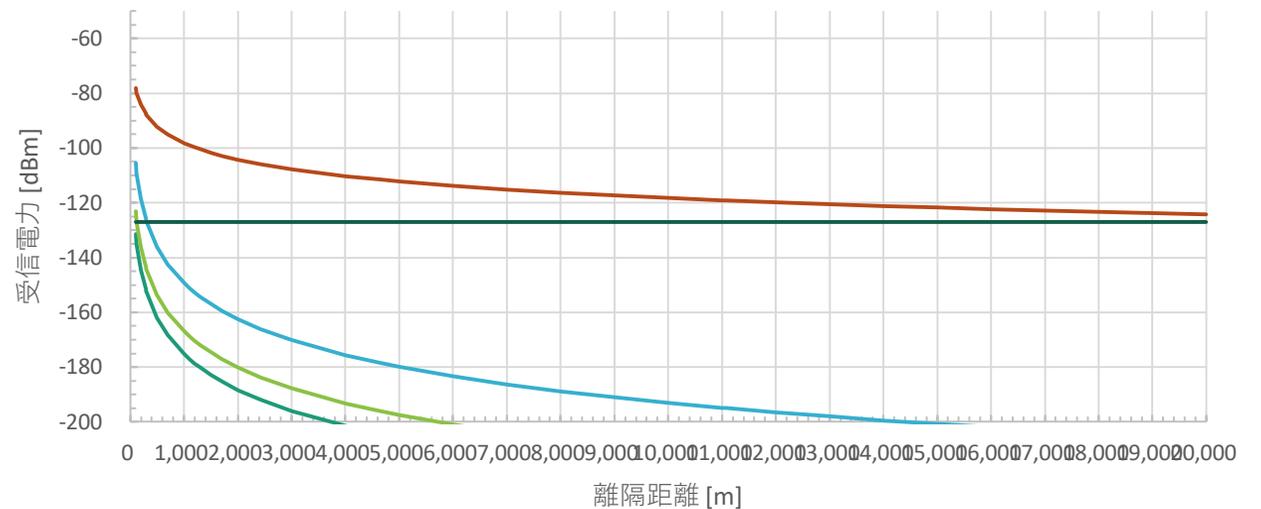


図3-1 RKE E.I.R.P.: 0dBm



市街地 Urban 郊外地 suburban 解放地 Rural 自由空間損失[dB] 干渉許容電力[dBm/20kHz]

図3-2 RKE E.I.R.P.: -10dBm

シングルエントリー① 拡張泰式伝搬損失モデル RKE/TPMSからアマチュア無線機器(ハンディー・車載)

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

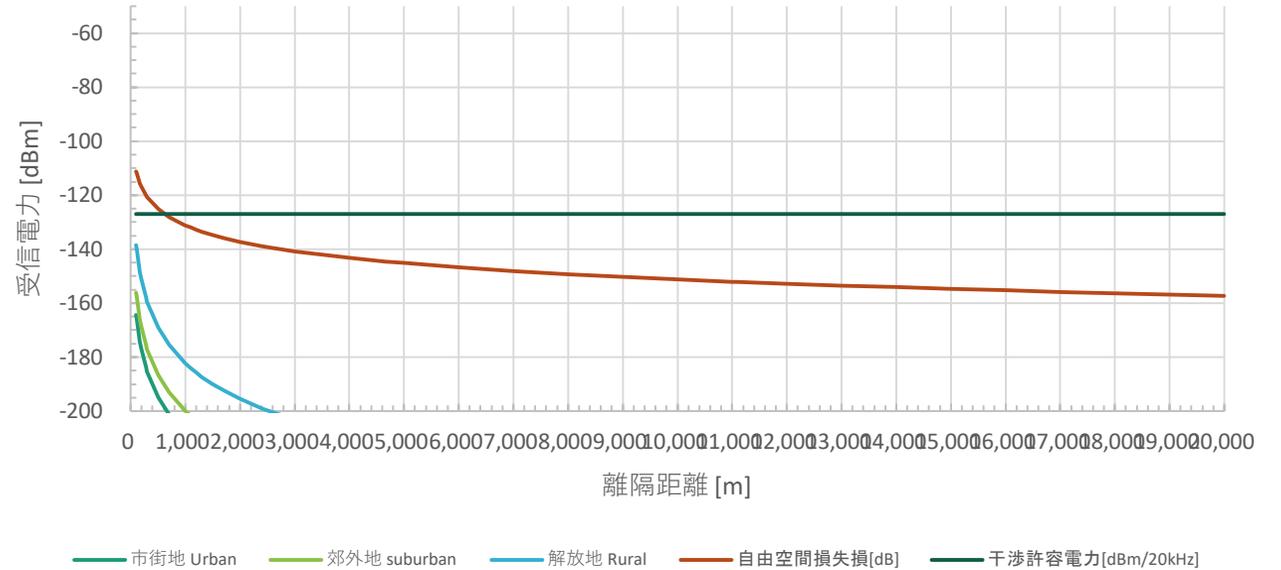


図3-3 RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

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

シングルエントリー① 拡張泰式伝搬損失モデル RKE/TPMSからアマチュア無線機器(固定(八木アンテナ))

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

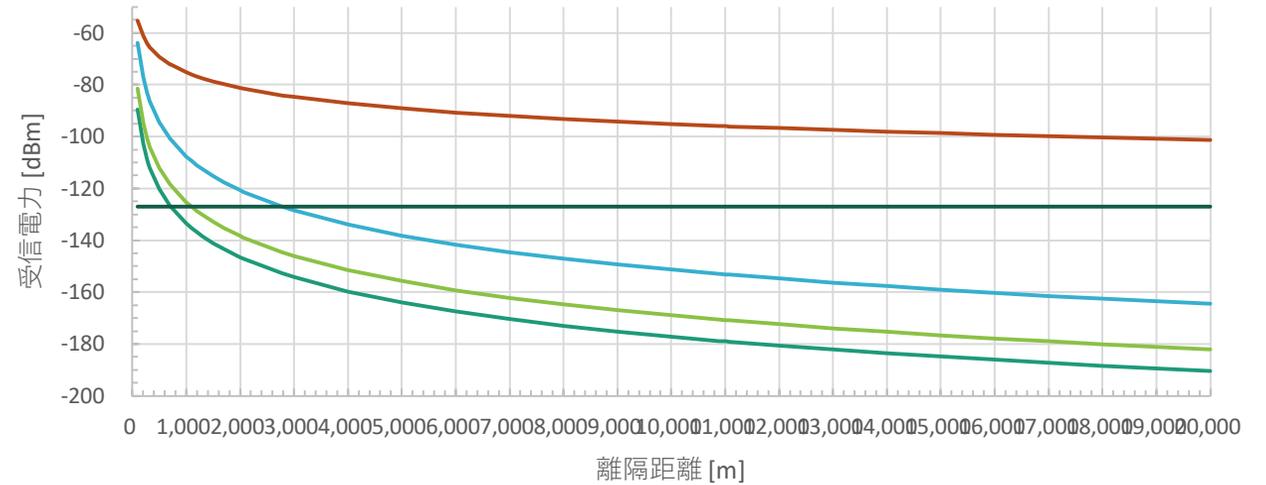
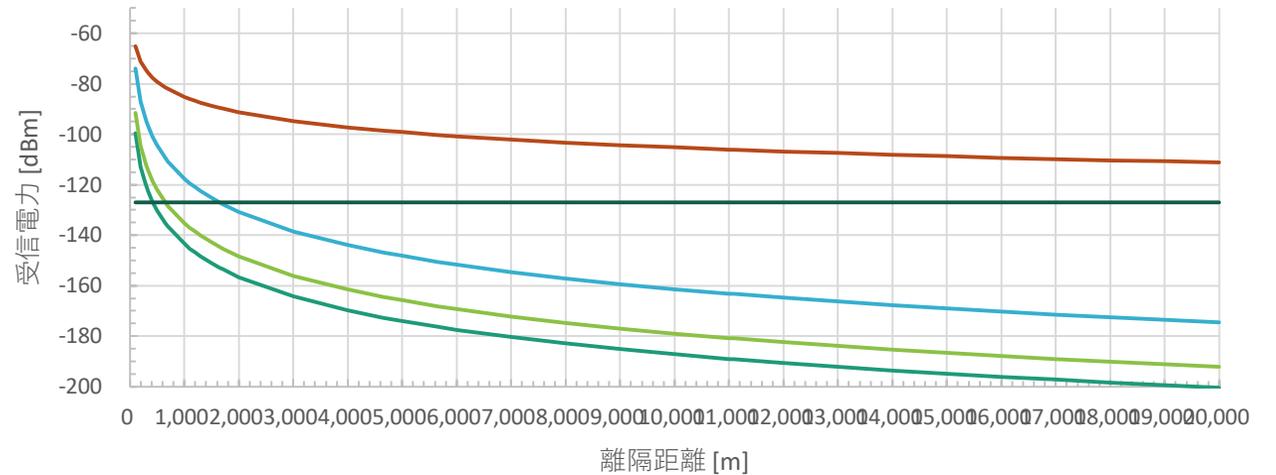


図3-4 RKE E.I.R.P.: 0dBm



— 市街地 Urban — 郊外地 suburban — 解放地 Rural — 自由空間損失損[dB] — 干渉許容電力[dBm/20kHz]

図3-5 RKE E.I.R.P.: -10dBm

シングルエントリー① 拡張泰式伝搬損失モデル RKE/TPMSからアマチュア無線機器(固定(八木アンテナ))

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

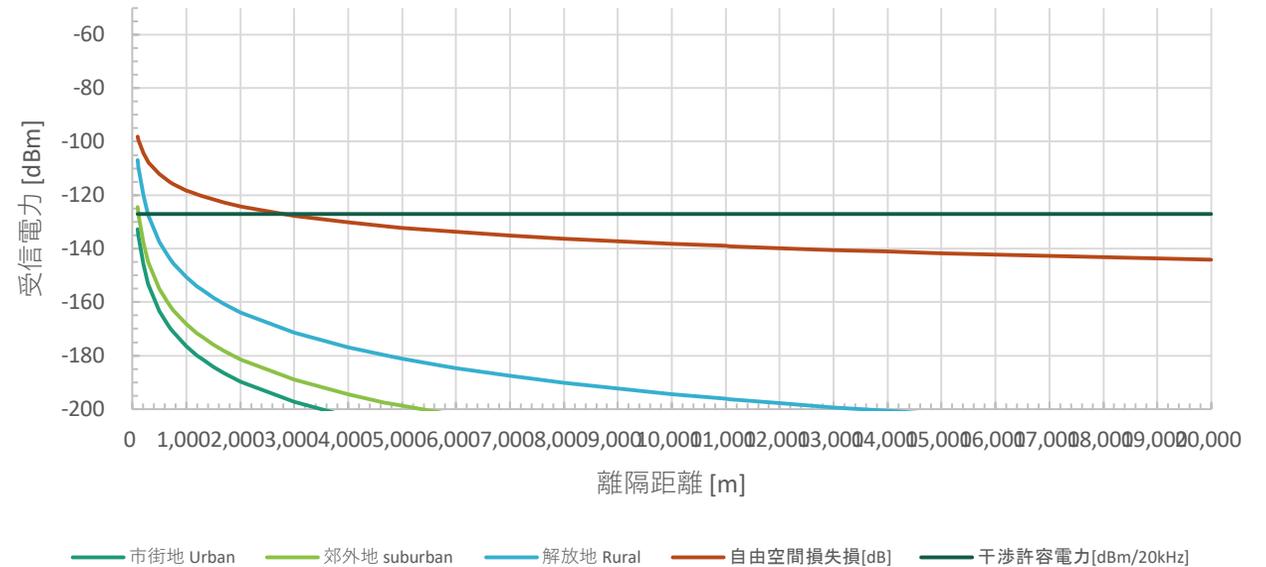


図3-6 RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

シングルエントリー① 拡張泰式伝搬損失モデル RKE/TPMSからアマチュア無線機器(固定(パラボラ))

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

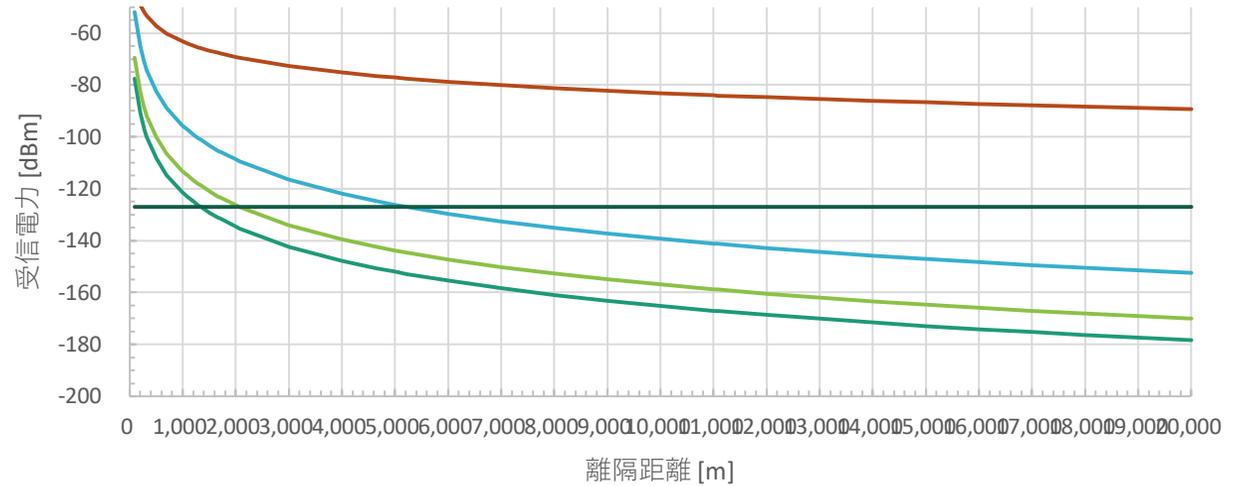
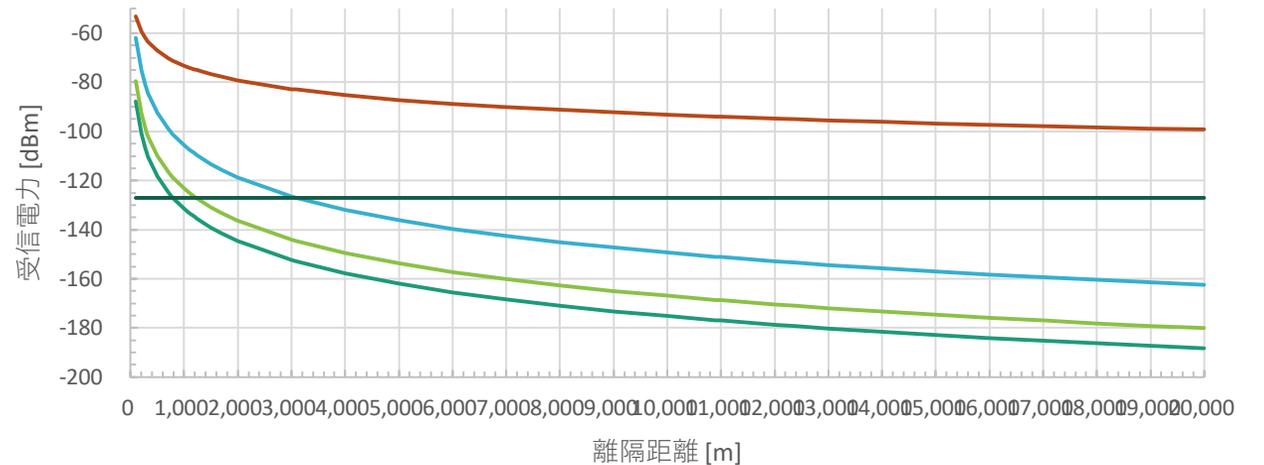


図3-7 RKE E.I.R.P.: 0dBm



市街地 Urban 郊外地 suburban 解放地 Rural 自由空間損失損[dB] 干渉許容電力[dBm/20kHz]

図3-8 RKE E.I.R.P.: -10dBm

シングルエントリー① 拡張泰式伝搬損失モデル RKE/TPMSからアマチュア無線機器(固定(パラボラ))

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

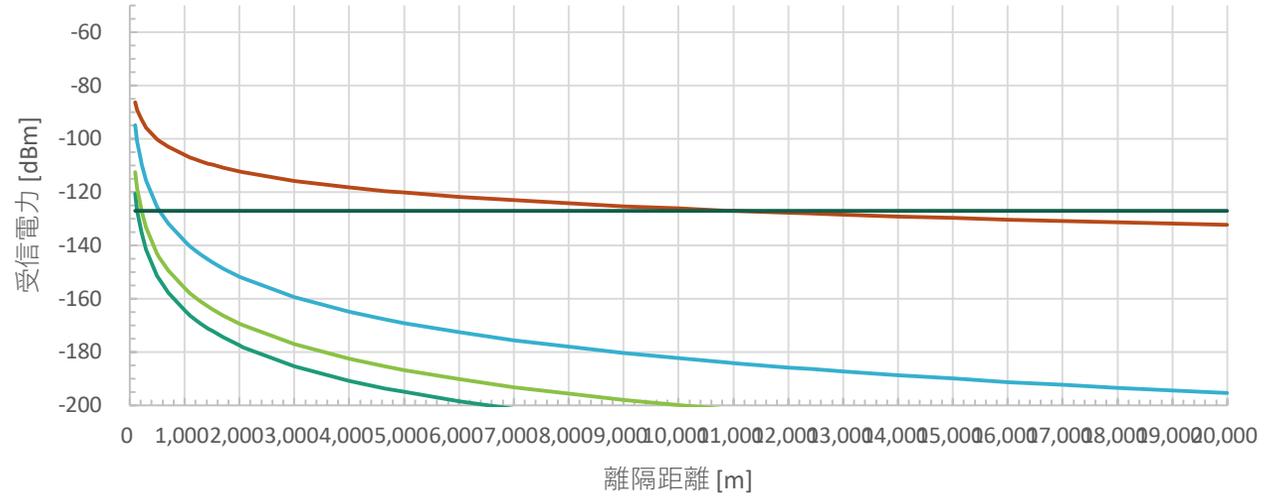


図3-9 RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

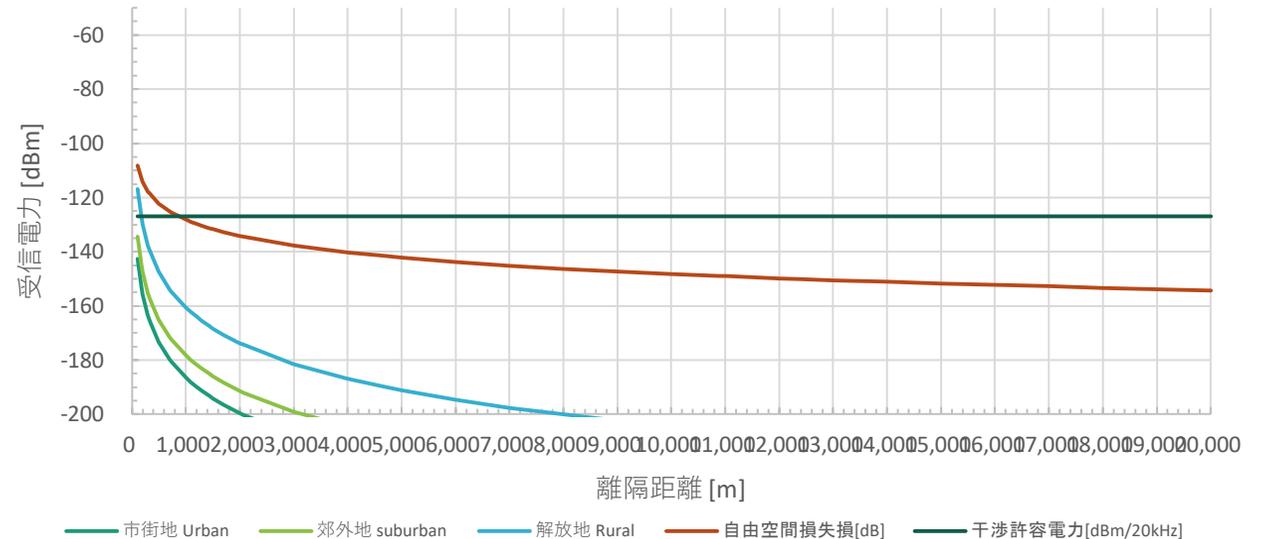


図3-10 RKE 帯域外実力値 -65.0dBm/20kHz

シングルエントリー① 拡張泰式伝搬損失モデル RKE/TPMSからアマチュア無線機器(レピーター)

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

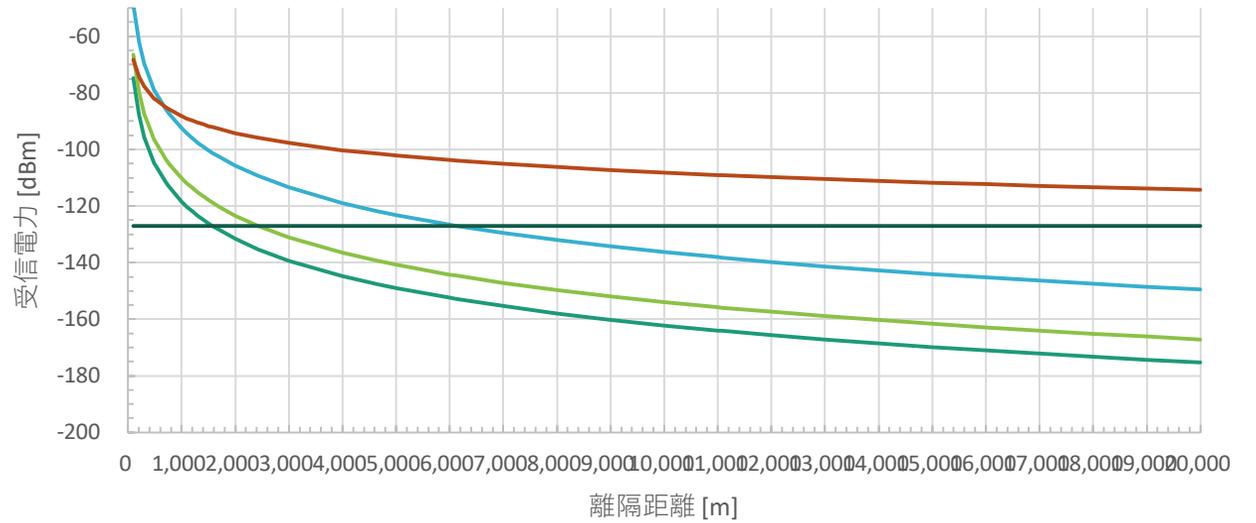


図3-10 RKE E.I.R.P.: 0dBm

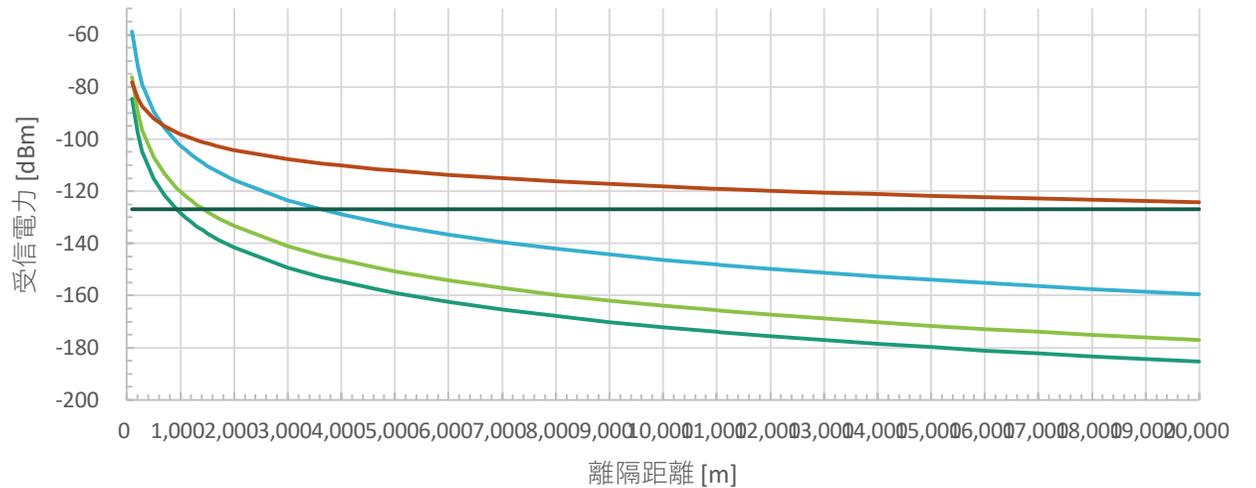


図3-11 RKE E.I.R.P.: -10dBm

市街地 Urban 郊外地 suburban 解放地 Rural 自由空間損失損[dB] 干渉許容電力[dBm/20kHz]

シングルエントリー① 拡張泰式伝搬損失モデル RKE/TPMSからアマチュア無線機器(レピーター)

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

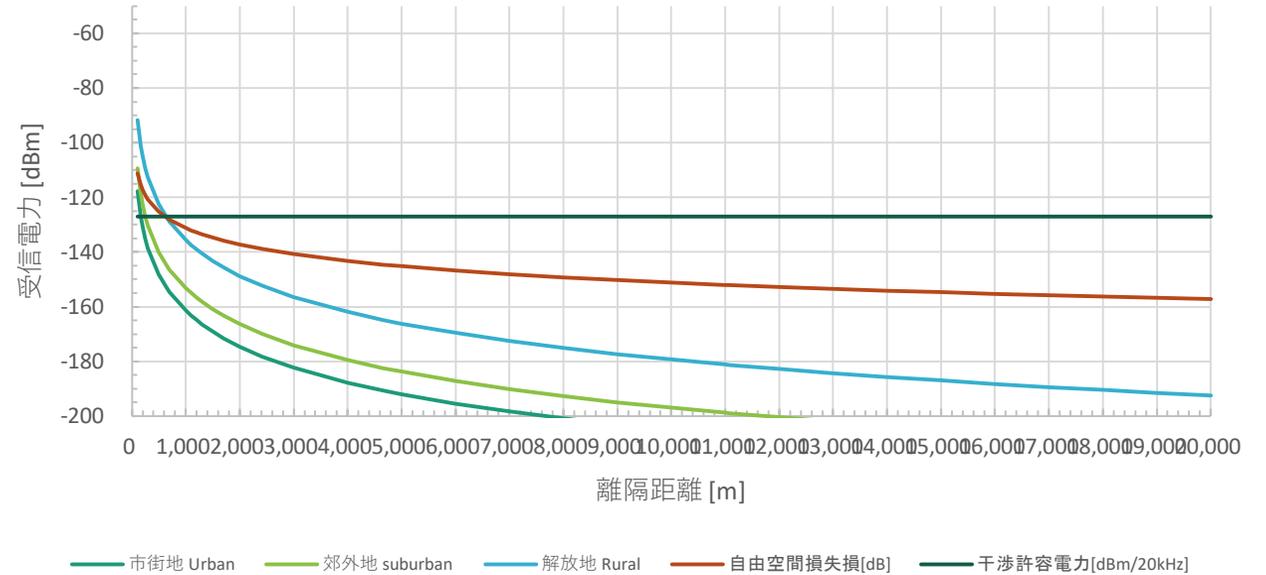
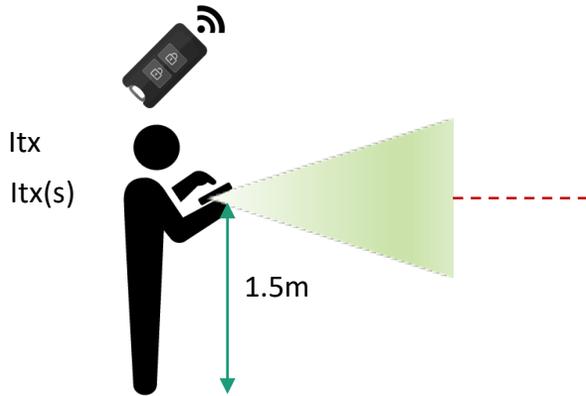


図3-12 RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

シングルエントリー② RKE/TPMSから港湾RFIDへのシミュレーションモデル (2ページ表中の②)



人がRKEを操作する地上高を1.5mと設定

空中線端での受信電力: -65dBm

Distance (r)



港湾RFID用エンテロゲータの設置地上高を4mを想定、アンテナ指向性特性を考慮



TPMS地上高0.5~2.0mと設定

空中線端での受信電力: -65dBm

Distance (r)



シングルエントリー② RKEから港湾RFIDへの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, -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

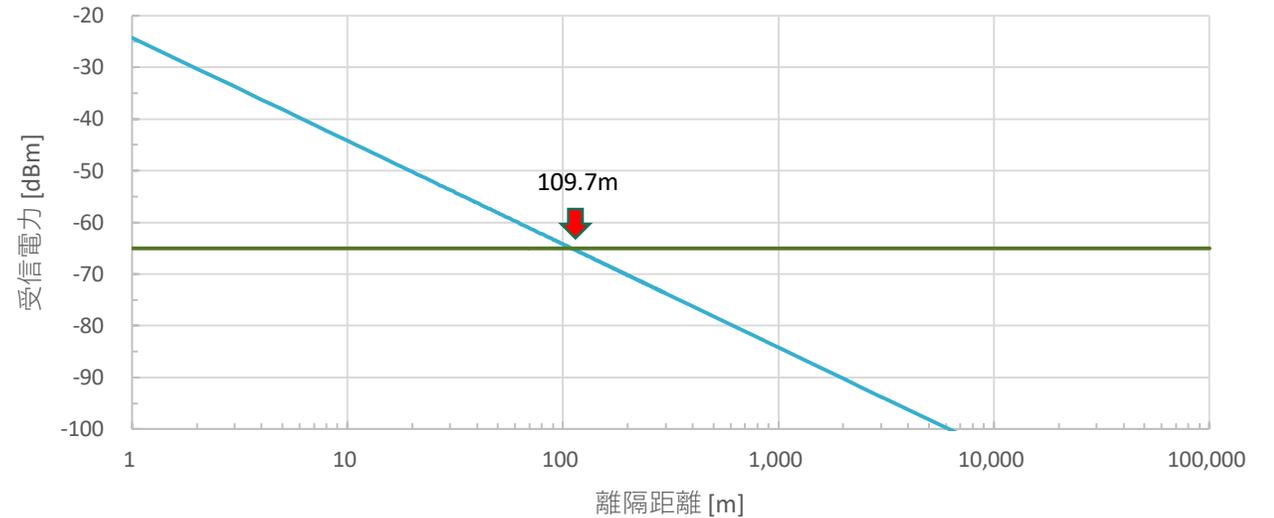


図2-3 自由空間損失のみ RKE E.I.R.P.: 0dBm

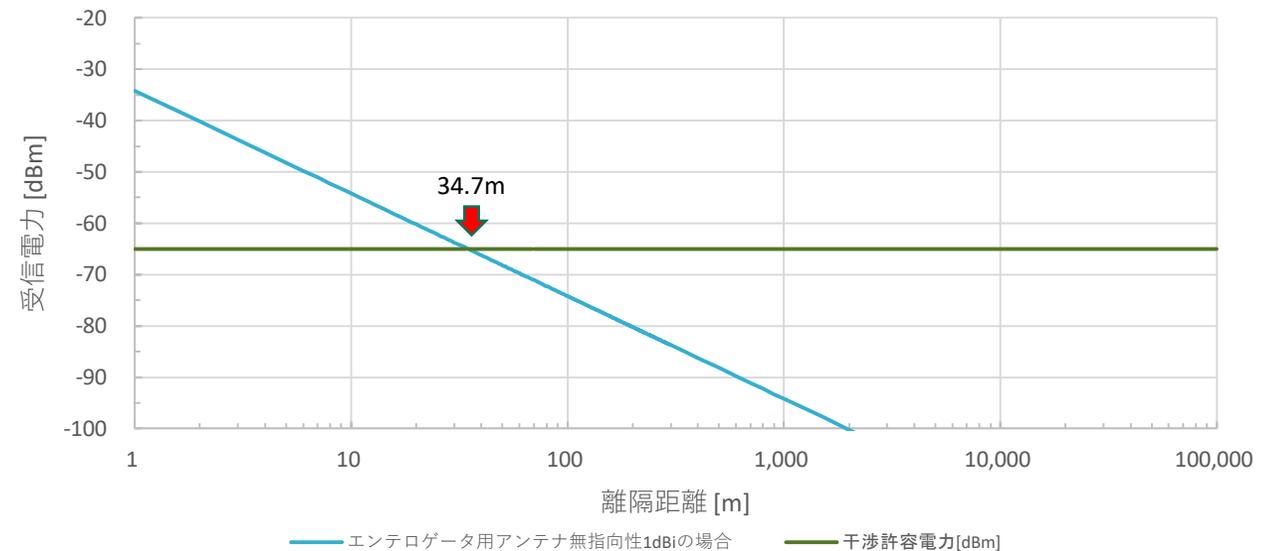


図2-4 自由空間損失のみ RKE E.I.R.P.: -10dBm

シングルエントリー② RKEから港湾RFIDへの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, -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

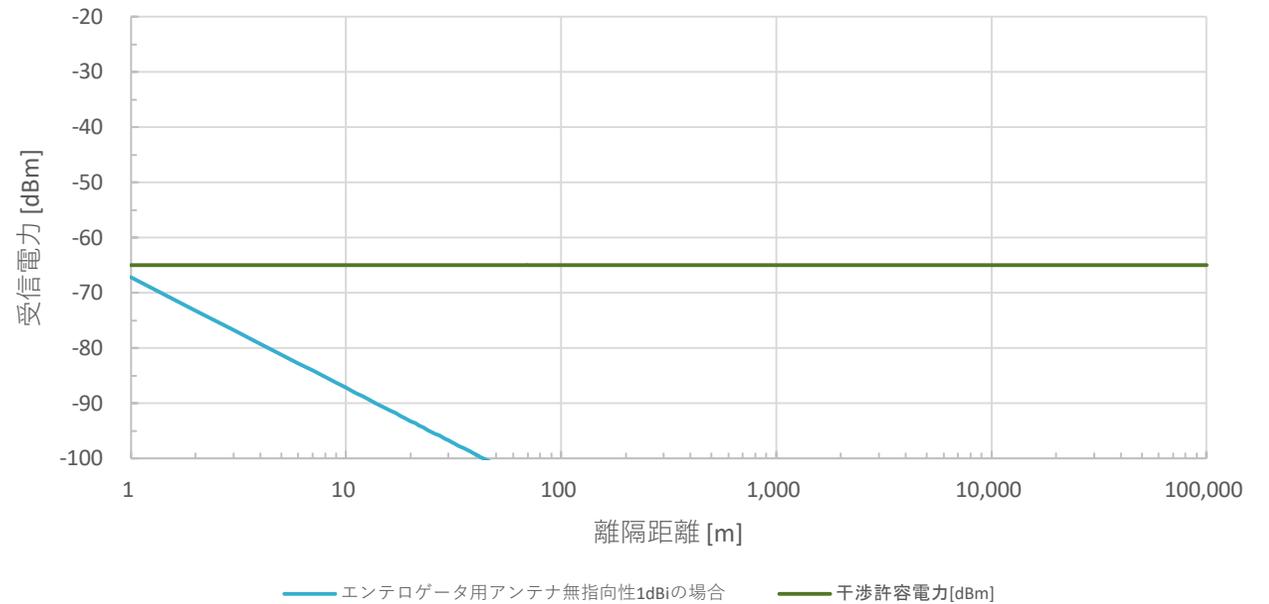


図2-5 自由空間損失のみ RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

シングルエントリー② TPMSから港湾RFIDへの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, -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

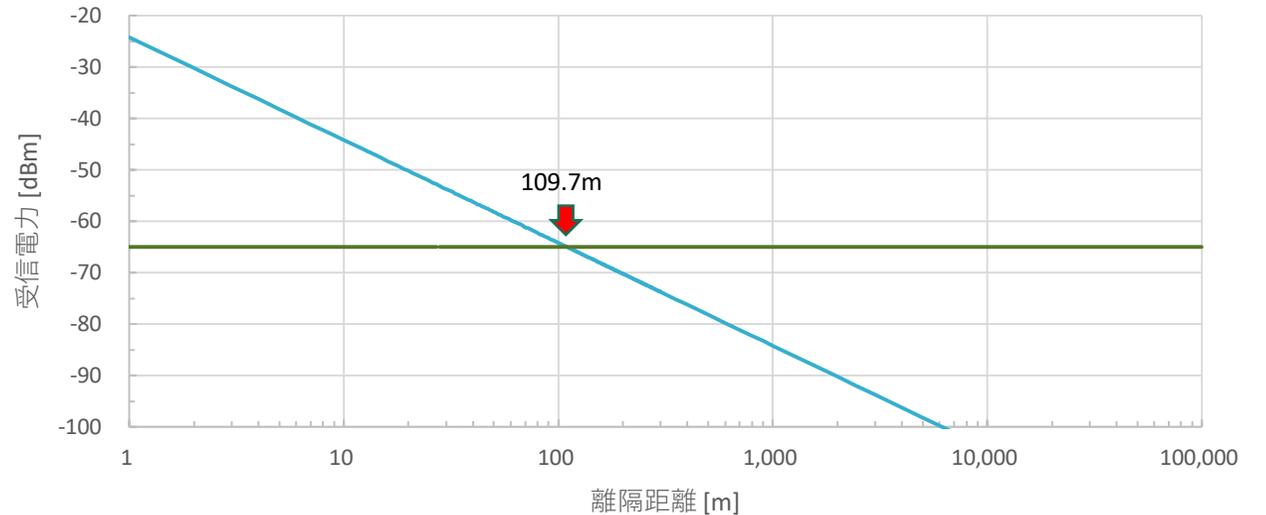
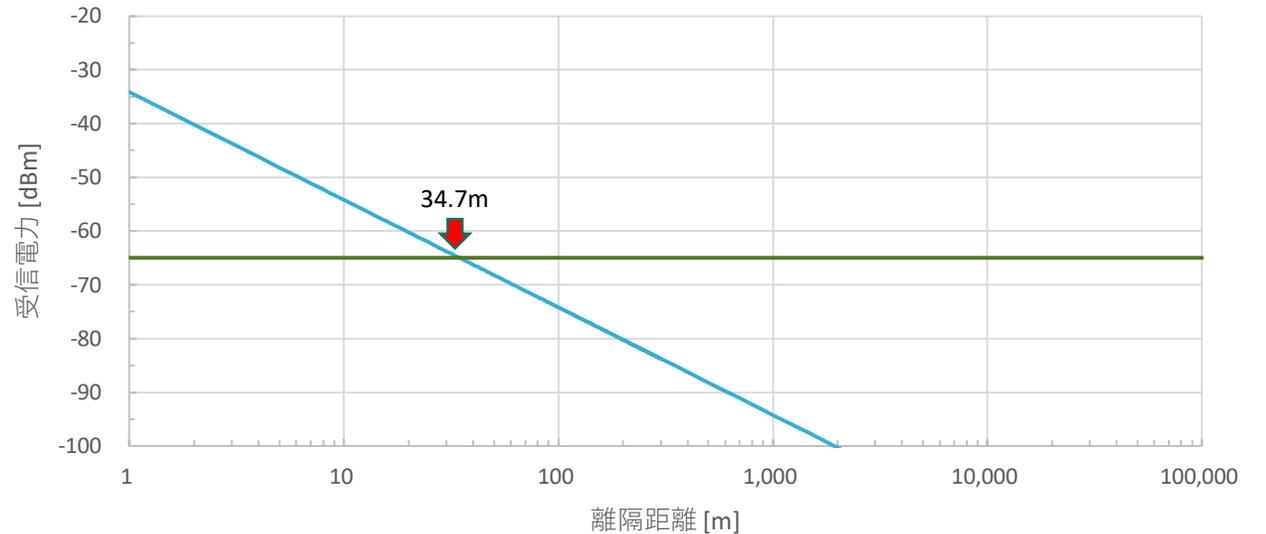


図2-3 自由空間損失のみ TPMS E.I.R.P.: 0dBm



— エンテロゲータ用アンテナ無指向性1dBiの場合 — 干渉許容電力[dBm]

図2-4 自由空間損失のみ TPMS E.I.R.P.: -10dBm

シングルエントリー② TPMSから港湾RFIDへの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, -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

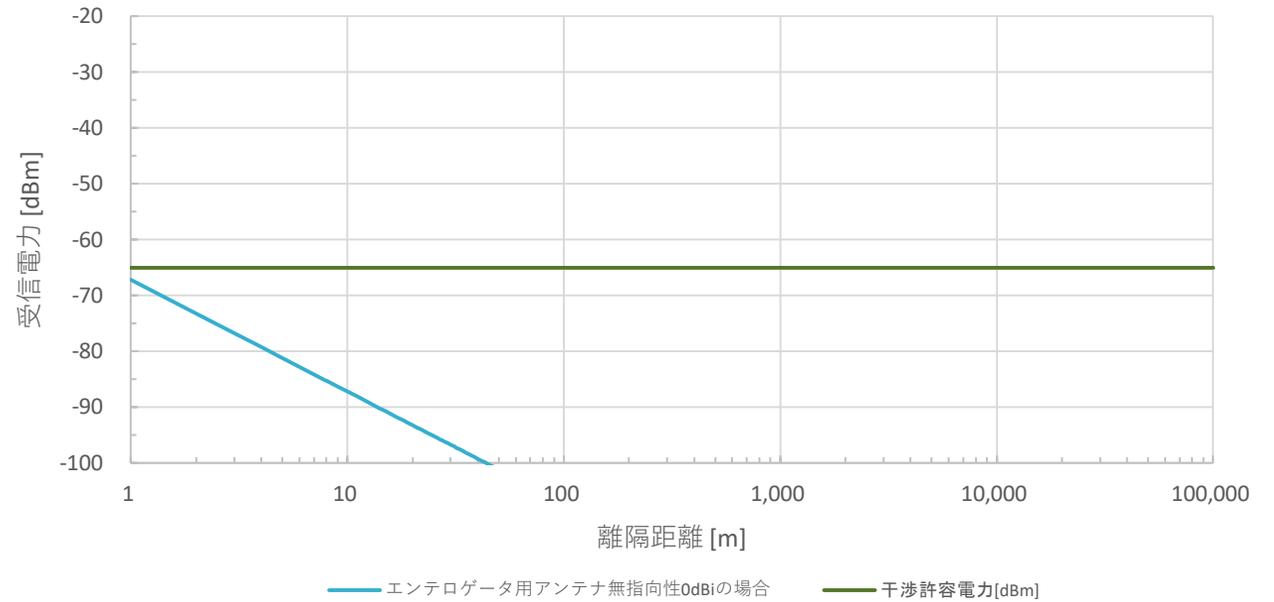


図2-5 自由空間損失のみ TPMS 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

シングルエントリー③ アマチュア無線機器からRKE/TPMSへのシミュレーションモデル (2ページ表中の③)



・自動車内にアマチュア無線局を実装した状態での干渉影響（いわゆる自家中毒）については、アマチュア無線の操作者が無線従事者免許を保持しており、干渉の影響を十分考慮することが可能なことから評価を実施しない

シングルエントリー③ アマチュア無線機器からRKE/TPMSへの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

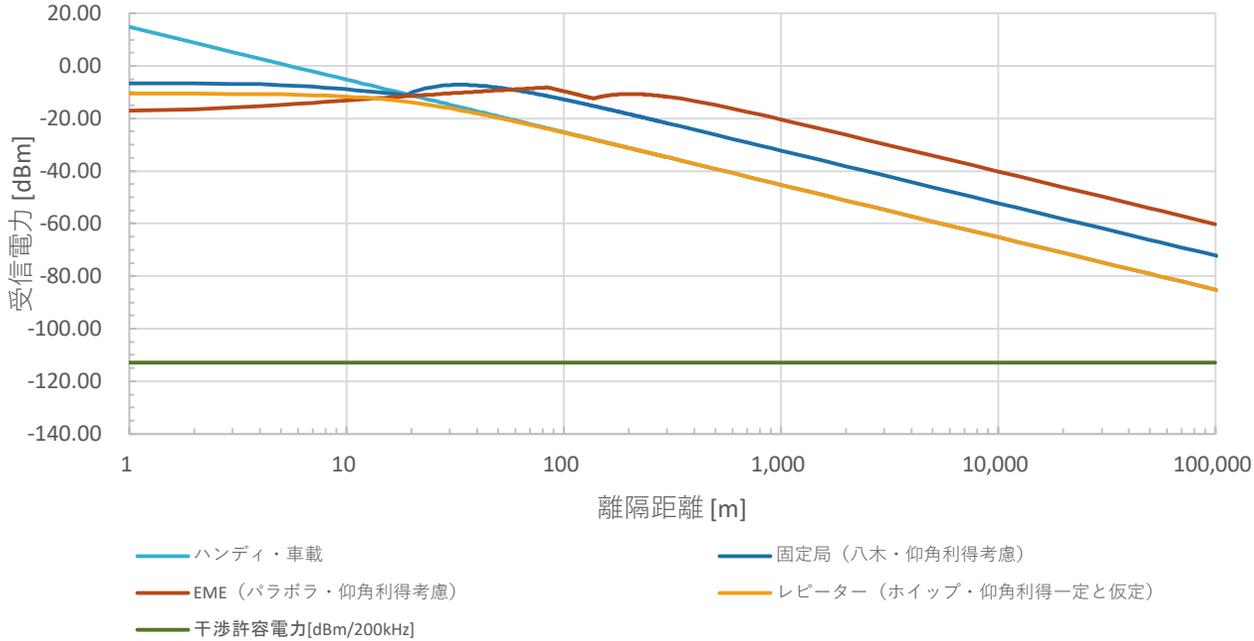
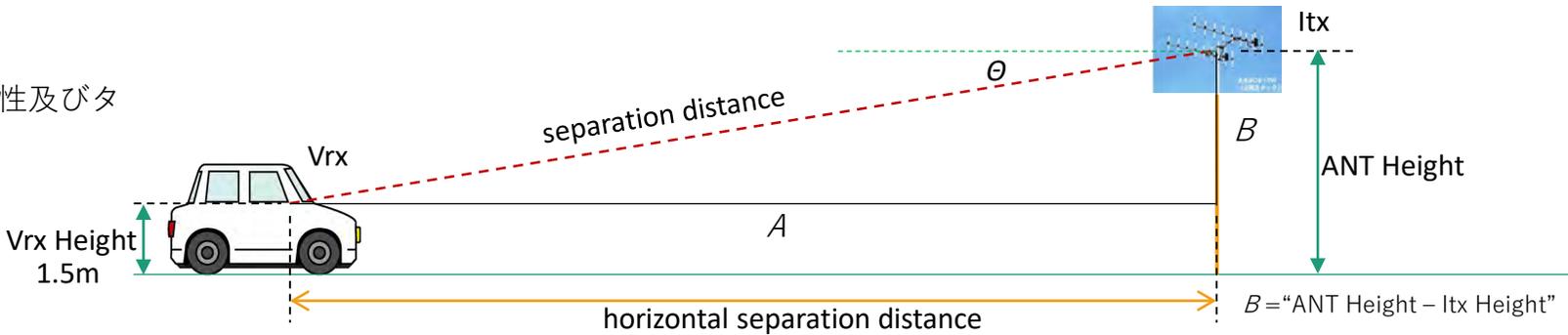


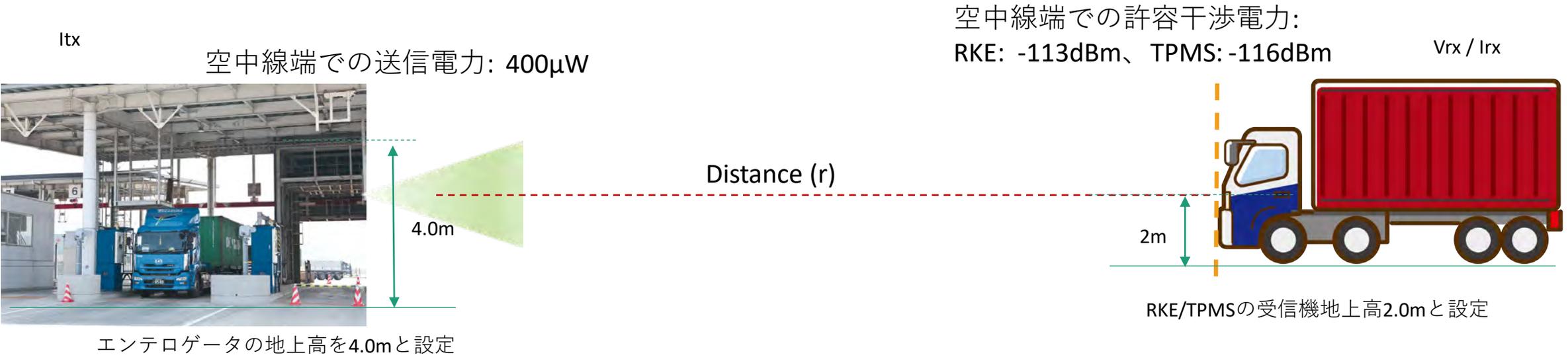
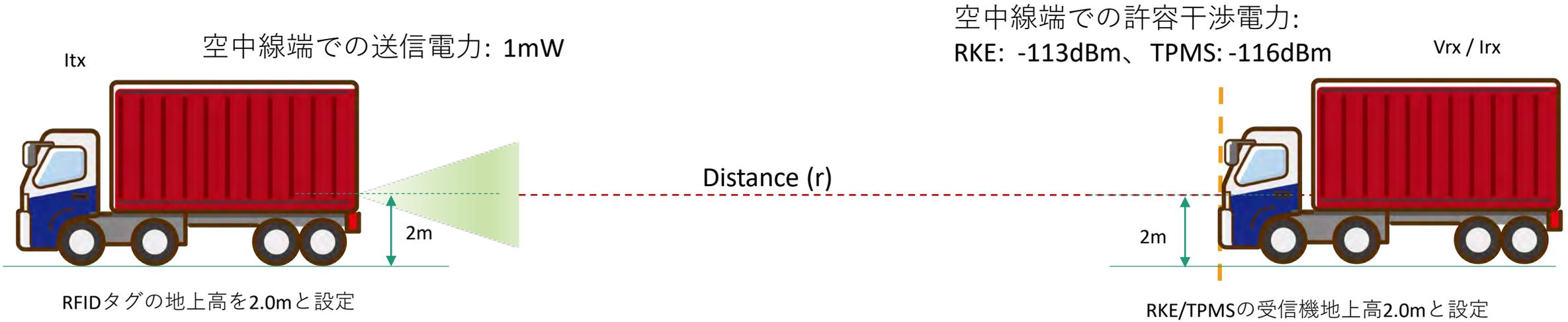
図4-1 アマチュア無線機器からTPMS

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



シングルエントリー④ RKE/TPMSから港湾RFIDへのシミュレーションモデル (2ページ表中の④)



シングルエントリー④ 港湾RFIDからRKE/TPMSへの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

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

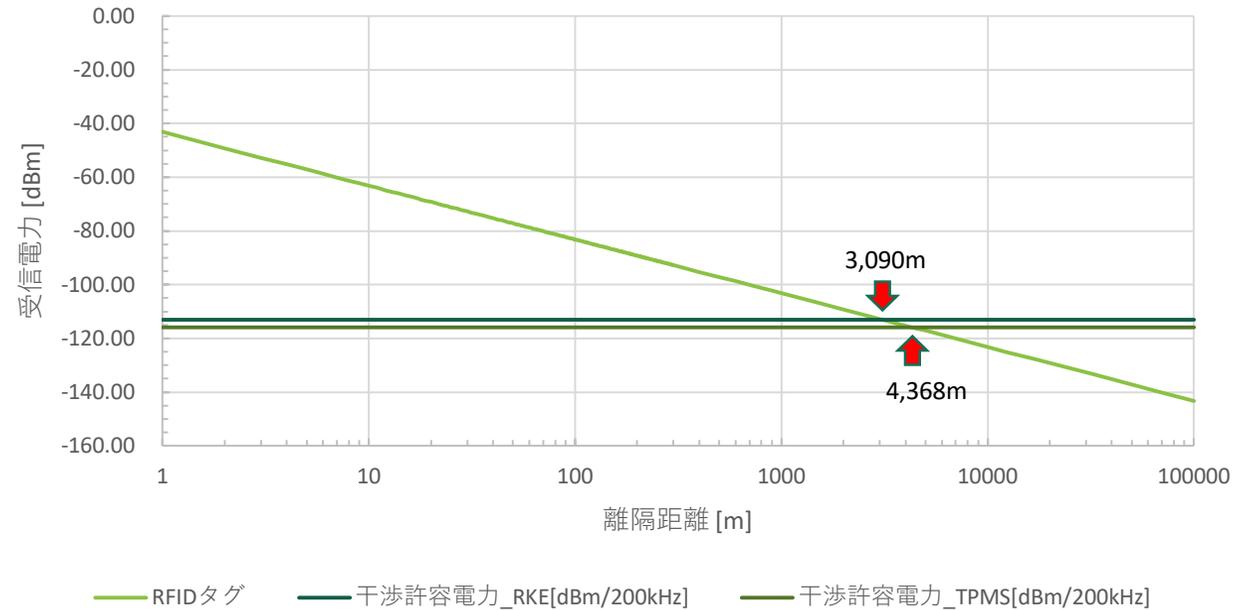


図2-3 自由空間損失のみ

シングルエントリー④ 港湾RFID(インテロゲータ)からRKE/TPMSへの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

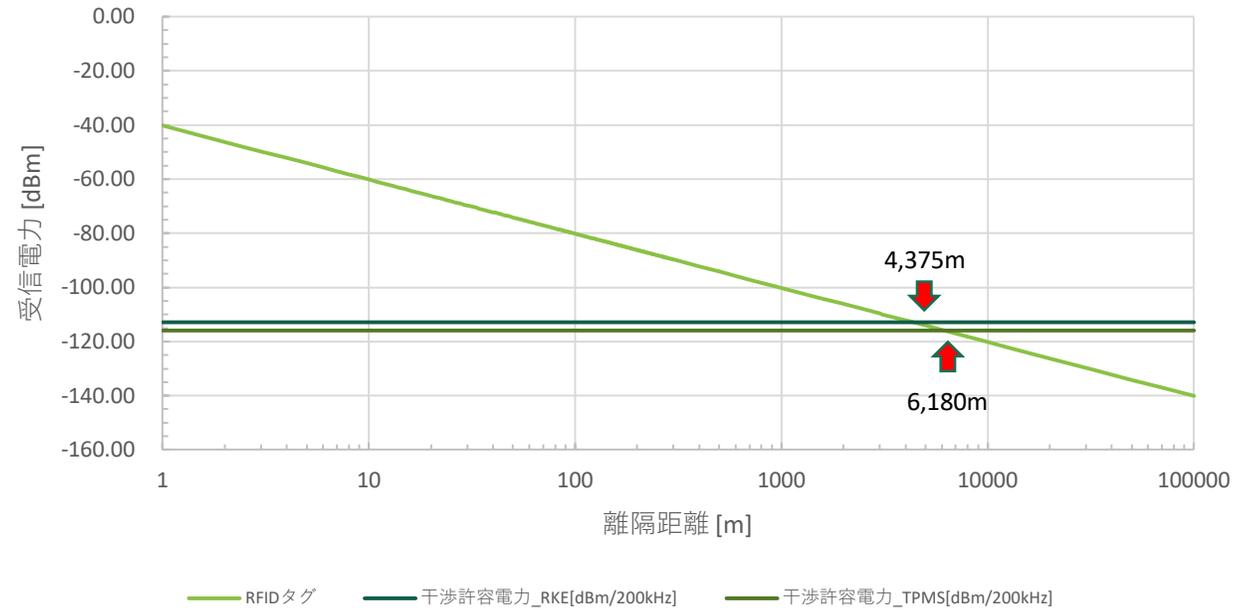
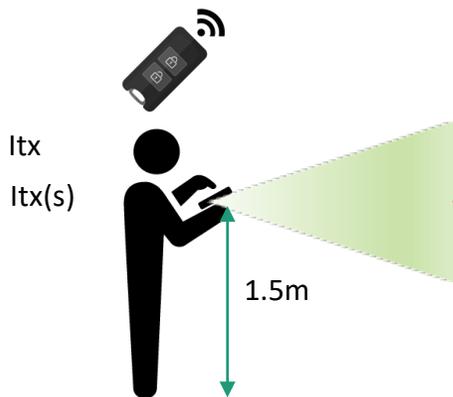


図2-3 自由空間損失のみ

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

【参考1】 シングルエントリー① RKE/TPMSからアマチュア無線機器へのシミュレーションモデル
 (自由空間伝搬損失モデル、同一アンテナ地上高での評価)



人がRKEを操作する地上高を1.5mと設定

Friis Transmission Equation

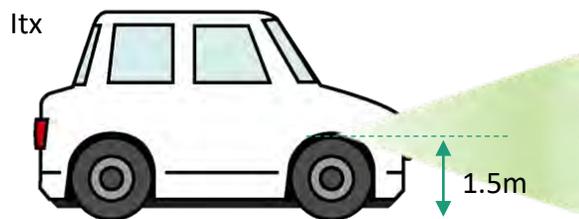
$$P_r = G_t G_r P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2$$

空中線端での受信電力: -127dBm/20kHz

Distance (r)



一番厳しい周波数供用条件を定義するため、アマチュア無線局の形態 (ハンディー、車載、固定(EMEを含む)、レピーター) に関わらず**同一の地上高**でシミュレーションを実施する



TPMS地上高1.5mと設定

空中線端での受信電力: -127dBm/20kHz

Distance (r)



【参考1】 シングルエントリー① RKE/TPMSからアマチュア無線機器へのシミュレーション結果 (自由空間伝搬損失モデル、同一アンテナ地上高での評価)

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

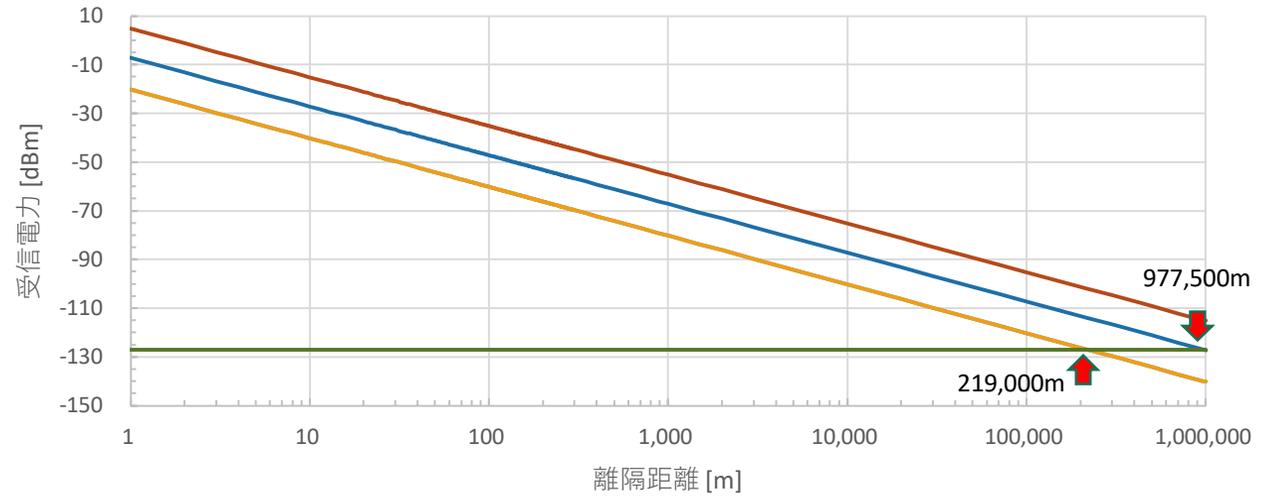


図2-3 自由空間損失のみ Itx E.I.R.P.: 0dBm

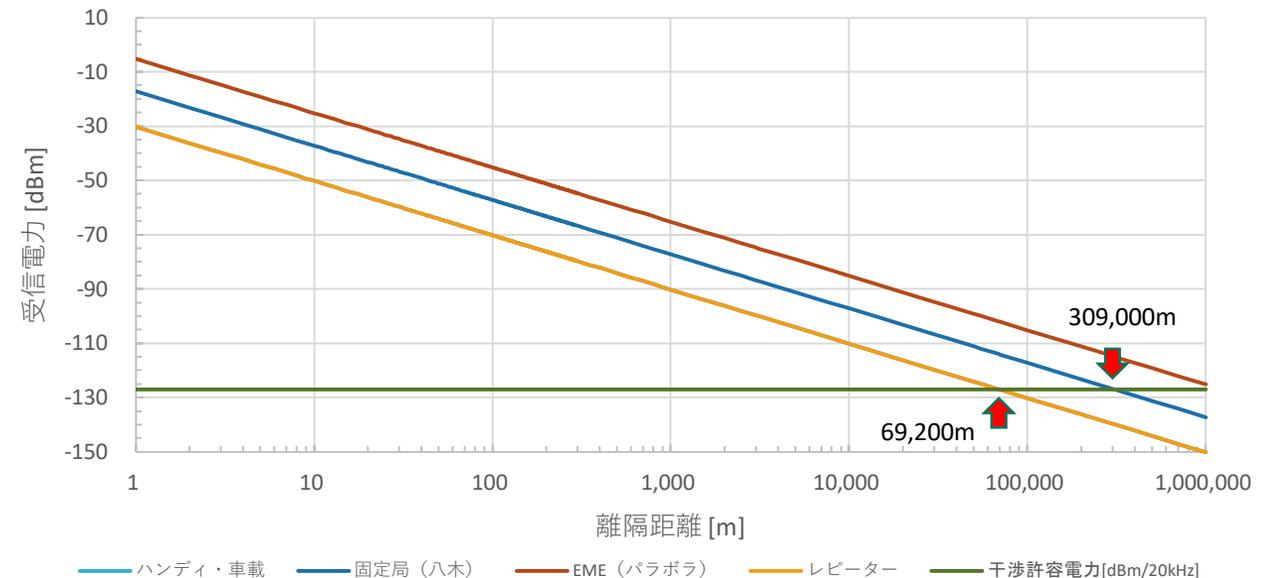


図2-4 自由空間損失のみ Itx E.I.R.P.: -10dBm

【参考1】 シングルエントリ① RKE/TPMSからアマチュア無線機器へのシミュレーション結果 (自由空間伝搬損失モデル、同一アンテナ地上高での評価)

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

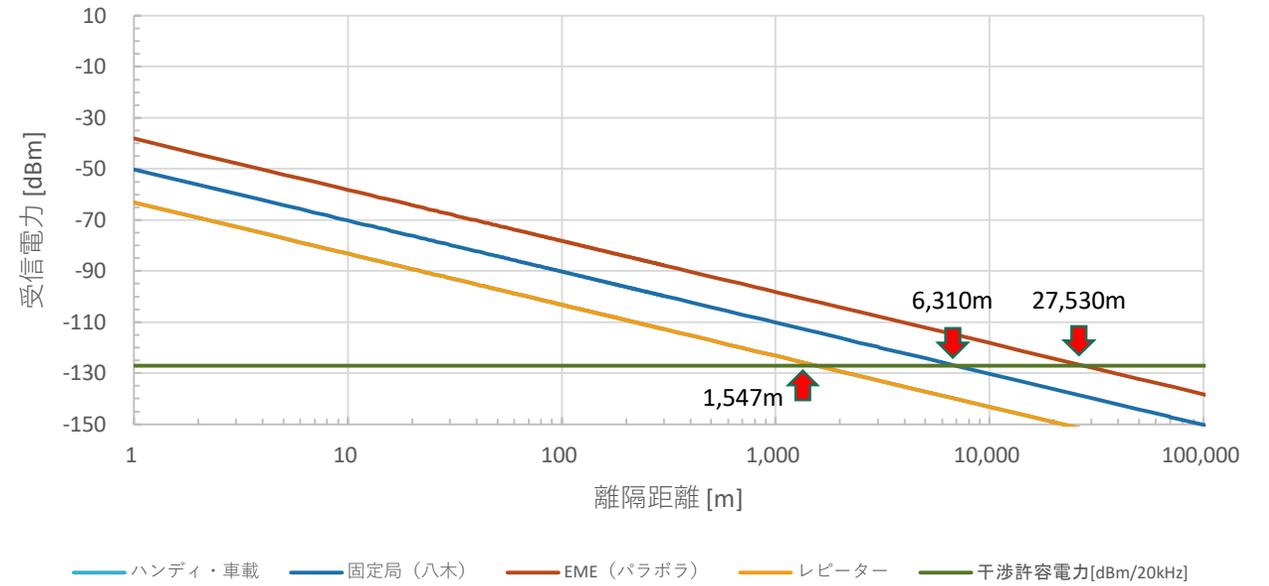


図2-5 自由空間損失のみ Itx 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)

【参考2】 シングルエントリー① RKEからアマチュア無線機器へのシミュレーション結果 (自由空間伝搬損失モデル、アンテナ地上高等を考慮した評価)

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

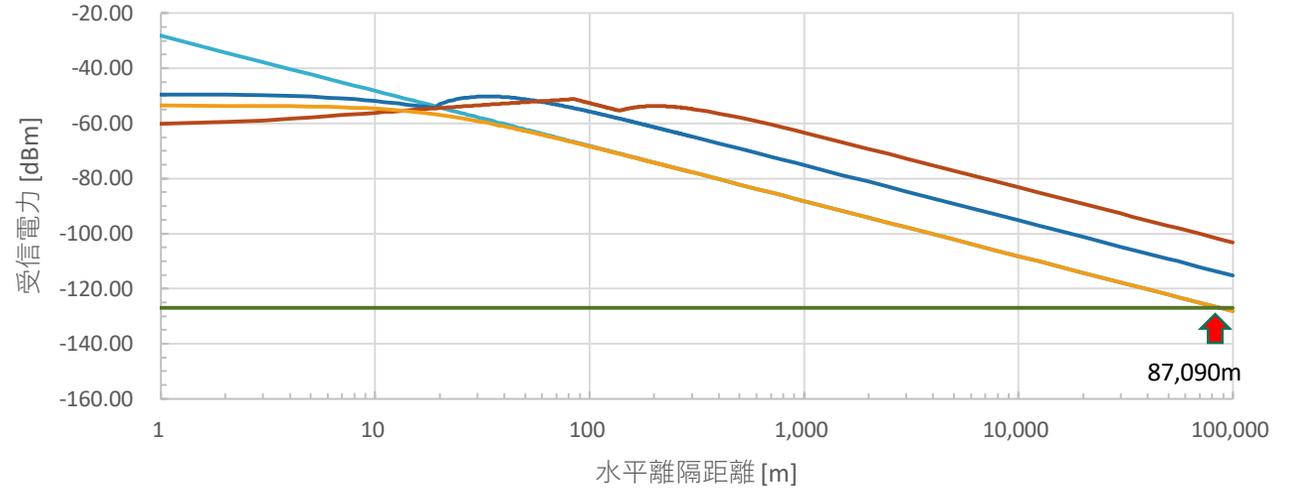
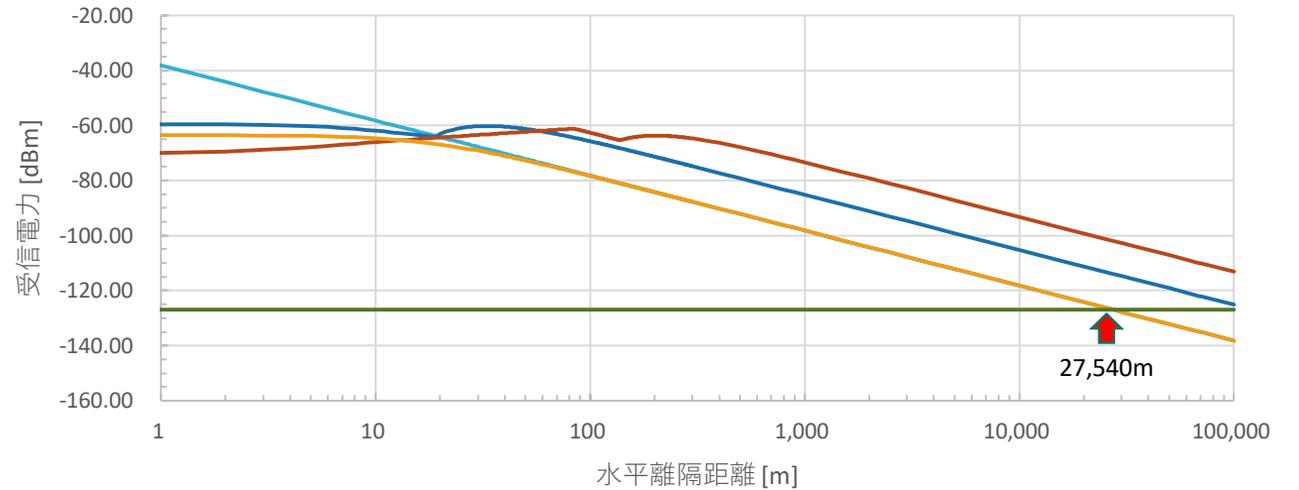


図2-3 RKE E.I.R.P.: 0dBm



- ハンディ・車載
- 固定局 (八木・仰角利得考慮)
- EME (パラボラ・仰角利得考慮)
- レピーター (ホイップ・仰角利得一定と仮定)
- 干渉許容電力[dBm/200kHz]

図2-4 RKE E.I.R.P.: -10dBm

【参考2】 シングルエントリー① RKEからアマチュア無線機器へのシミュレーション結果
 (自由空間伝搬損失モデル、アンテナ地上高等を考慮した評価)

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

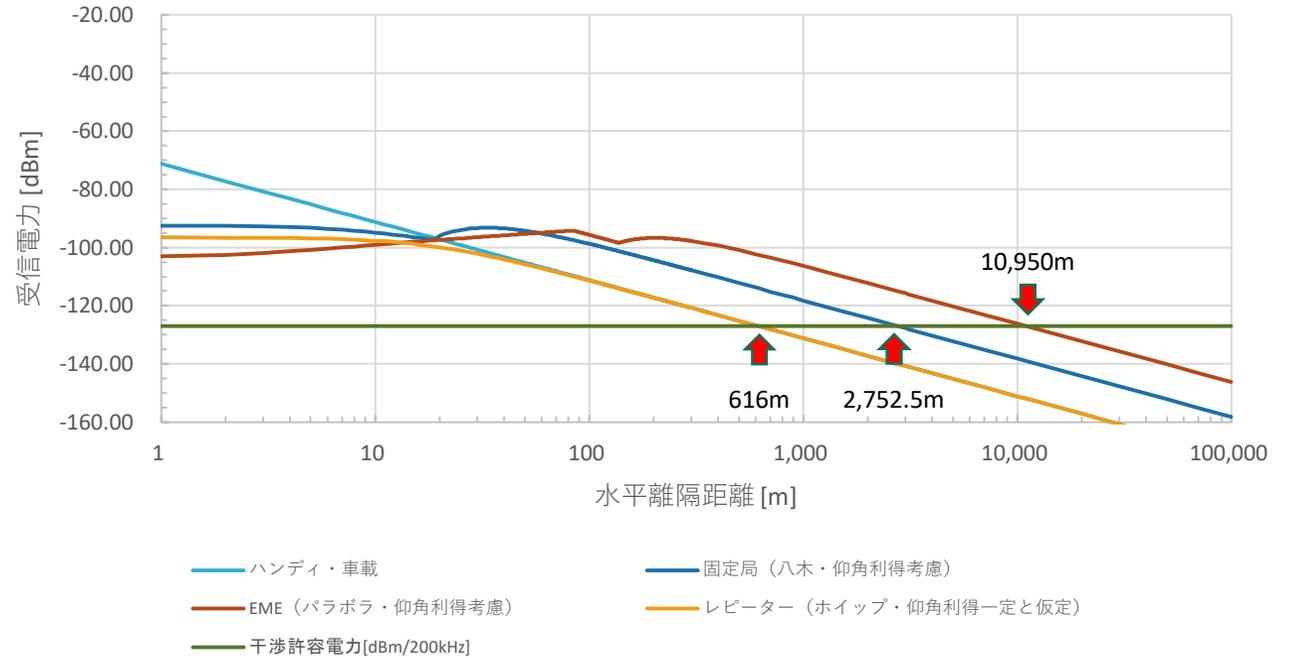
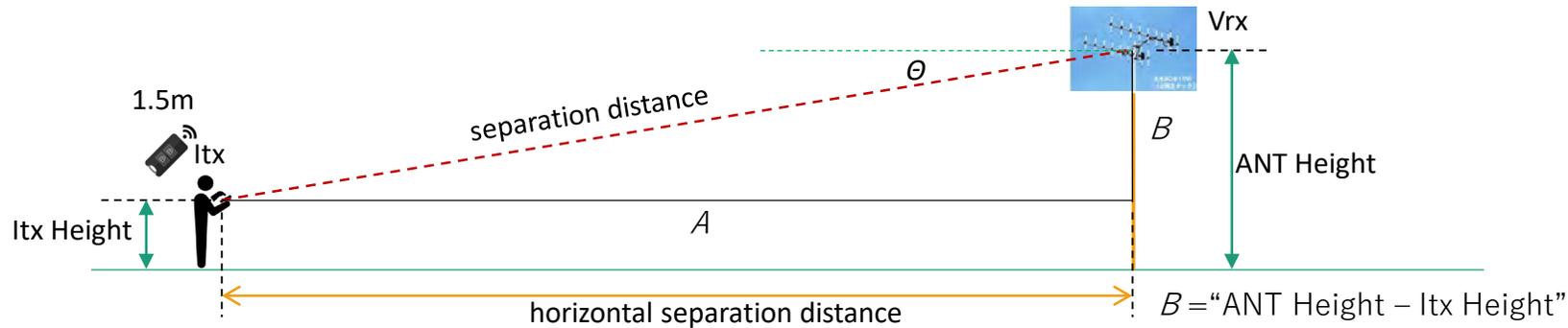


図2-5 RKE 帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)



人がRKEを操作する地上高を1.5mと設定

【参考2】 シングルエントリー① TPMSからアマチュア無線機器へのシミュレーション結果 (自由空間伝搬損失モデル、アンテナ地上高等を考慮した評価)

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

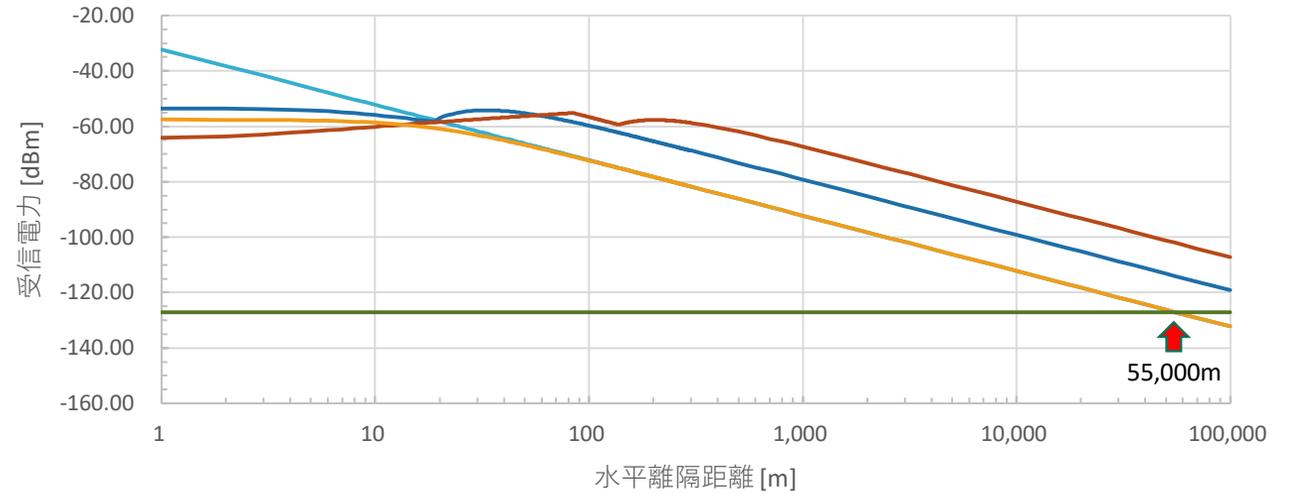
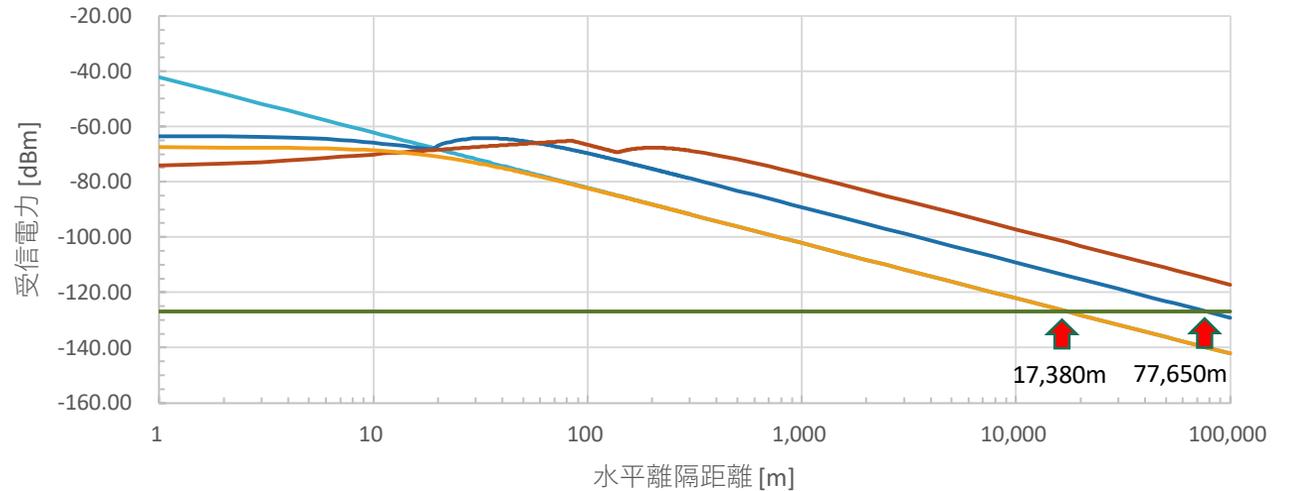


図2-6 TPMS E.I.R.P.: 0dBm



- ハンディ・車載
- 固定局 (八木・仰角利得考慮)
- EME (パラボラ・仰角利得考慮)
- レピーター (ホイップ・仰角利得一定と仮定)
- 干渉許容電力[dBm/20kHz]

図2-7 TPMS E.I.R.P.: -10dBm

【参考2】 シングルエントリー① TPMSからアマチュア無線機器へのシミュレーション結果 (自由空間伝搬損失モデル、アンテナ地上高等を考慮した評価)

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

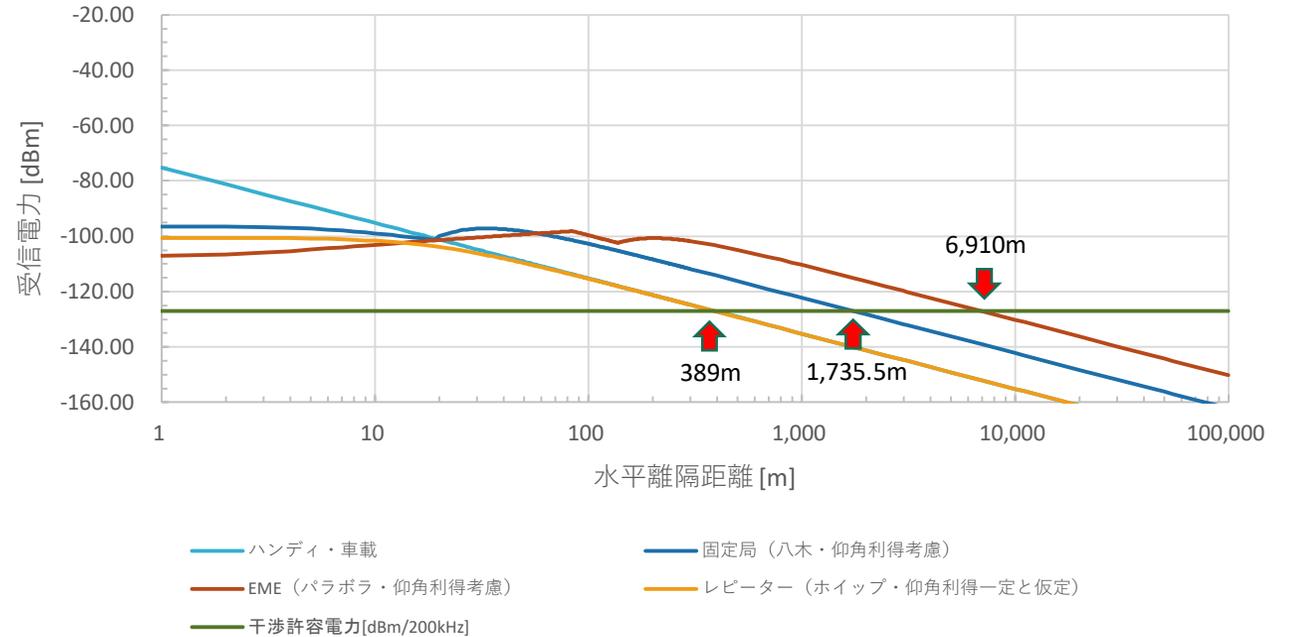
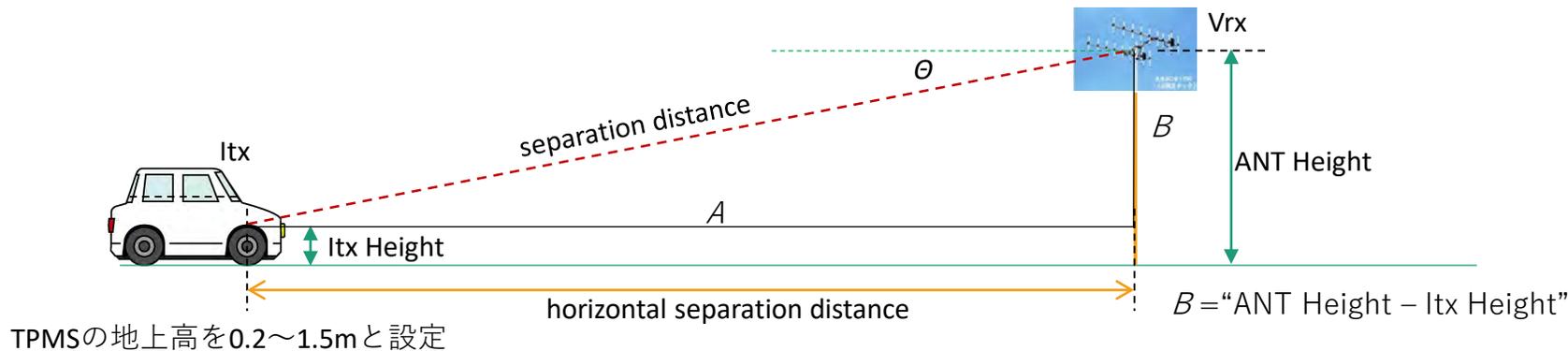


図2-8 TPMS帯域外 -36.02dBm/100kHz (-43.01dBm/20kHz)



【参考3】 シングルエントリー① 奥村秦式伝搬損失モデル

RKE/TPMSからアマチュア無線機器へのシミュレーション結果

受信レベルが-127dBm/20kHzとなる離隔距離 [m]

Vrx	Itx RKEの送信電力		市街地	郊外地	解放地
ハンディー・車載 (地上高: 1.5m)	0dBm	奥村秦 (参考)	1,000m未満	1,000m未満	2,059.0
	-10dBm	奥村秦 (参考)	1,000m未満	1,000m未満	1,216.5
	-43.01dBm	奥村秦 (参考)	1,000m未満	1,000m未満	1,000m未満
固定(八木) (地上高: 10m)	0dBm	奥村秦 (参考)	2,804.0	4,325.0	10,930.0
	-10dBm	奥村秦 (参考)	1,656.0	2,554.0	6,456.0
	-43.01dBm	奥村秦 (参考)	1,000m未満	1,000m未満	1,136.0
固定(パラボラ) (地上高: 10m)	0dBm	奥村秦 (参考)	5,272.0	8,134.0	20km超
	-10dBm	奥村秦 (参考)	3,115.0	4,805.0	12,140.0
	-43.01dBm	奥村秦 (参考)	1,000m未満	1,000m未満	2,136.0
レピーター (地上高: 20m)	0dBm	奥村秦 (参考)	4,505.0	6,950.0	17,560.0
	-10dBm	奥村秦 (参考)	2,661.0	4,105.0	10,375.0
	-43.01dBm	奥村秦 (参考)	1,000m未満	1,000m未満	1,825.0