

既存無線システムの共用検討結果

アルプスアルパイン株式会社

The logo for ALPSALPINE, featuring a stylized 'A' symbol followed by the text 'ALPSALPINE' in a bold, sans-serif font.

目次

1. 共用検討対象システム

2. 共用検討計算条件

3. 平均電力計算適応分析

4. 共用検討結果

① Summary

② 詳細

- 4.1) (屋内) 57～66GHz小電力データ通信システム (WiGig)
 - 4.1A) WiGig CCAブロック 離隔距離
 - 4.1B) WiGig CCAブロック 確率
 - 4.1E) WiGig CNR基準 離隔距離
- 4.2) (屋外) 57～66GHz小電力データ通信システム (WiGig)
 - 4.2A) WiGig CCAブロック 離隔距離
 - 4.2B) WiGig CNR基準 離隔距離
- 4.3) (屋外) 58.8～61.3GHz共同住宅共聴システム CNR基準 離隔距離
- 4.4) (屋外) 58GHz帯エントランス回線 INR基準 離隔距離
- 4.5) (屋外) 60GHz帯ミリ波車載レーダー CNR基準 離隔距離
- 4.6) (屋外) 60GHz帯ミリ波踏切障害物検知装置 CNR基準 離隔距離
- 4.7) (屋外) 55GHz FPU回線 INR基準 離隔距離
- 4.8) (屋外) 地球探察衛星業務 許容台数計算
- 4.9) (屋外) 電波天文 集合干渉電力基準 離隔距離
- 4.10) (実証試験) パルスセンサー同士の共存性検証
- 4.11) (実証試験) FMCWセンサーからパルスセンサーへの影響検証
- 4.12) (実証試験) パルスセンサーからFMCWセンサーへの影響検証

1. 共用検討対象システム

帯域内システム

- 4.1) (屋内) 57～66GHz小電力データ通信システム (WiGig)
 - 4.1A) WiGig CCAブロック 離隔距離
 - 4.1B) WiGig CCAブロック 確率
 - 4.1E) WiGig CNR基準 離隔距離
- 4.2) (屋外) 57～66GHz小電力データ通信システム (WiGig)
 - 4.2A) WiGig CCAブロック 離隔距離
 - 4.2B) WiGig CNR基準 離隔距離
- 4.3) (屋外) 58.8～61.3GHz共同住宅共聴システム CNR基準 離隔距離
- 4.4) (屋外) 58GHz帯エントランス回線 INR基準 離隔距離
- 4.5) (屋外) 60GHz帯ミリ波車載レーダー CNR基準 離隔距離
- 4.6) (屋外) 60GHz帯ミリ波踏切障害物検知装置 CNR基準 離隔距離

帯域外システム

- 4.7) (屋外) 55GHz FPU回線 INR基準 離隔距離
- 4.8) (屋外) 地球探察衛星業務 許容台数計算
- 4.9) (屋外) 電波天文 集合干渉電力基準 離隔距離

実証試験

- 4.10) (実証試験) パルスセンサー同士の共存性検証
- 4.11) (実証試験) FMCWセンサーがパルスセンサーへの影響検証
- 4.12) (実証試験) パルスセンサーがFMCWセンサーへの影響検証

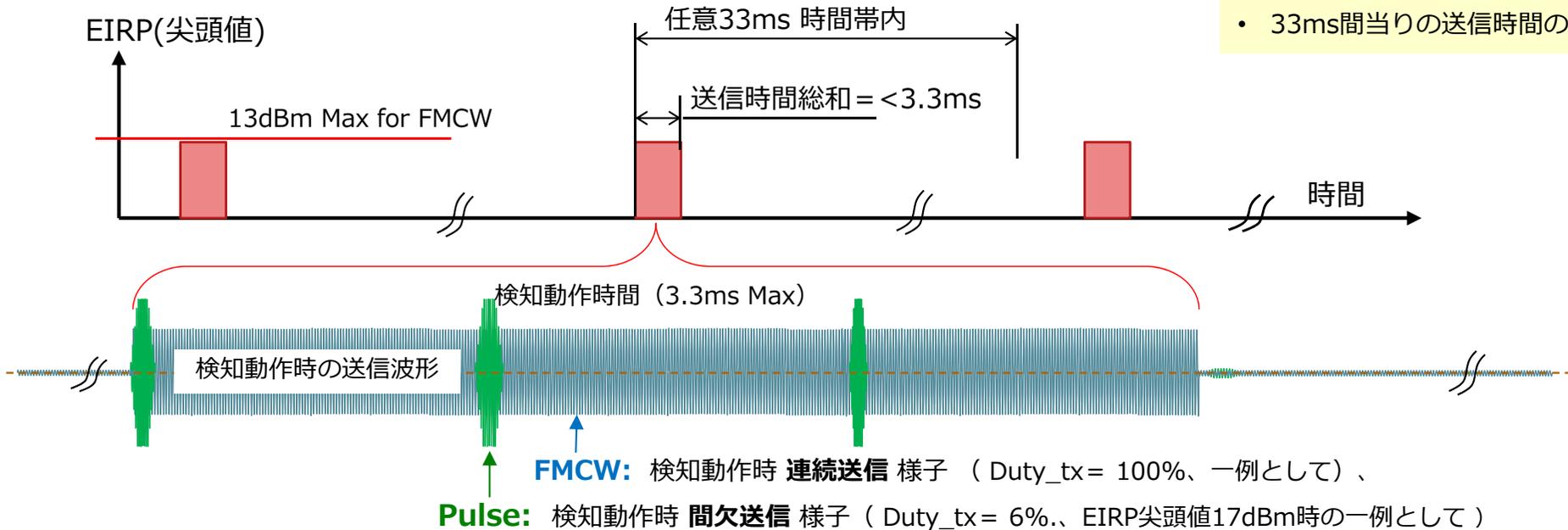
2. 共用検討計算条件

パルス方式の共用検討に下記計算条件を使用：

- EIRP平均値 = 5dBm
- 周波数拡散帯域は 1.1GHz (限度値)
- 検知動作時のDuty_tx=6%
- 任意33ms間当りの送信時間総和が3.3ms以下

現行省令内容 (2020.1 省令)

- キャリアセンス無し
- FMCW変調、
- EIRP尖頭値 13dBm 以下
- 33ms間当りの送信時間の総和が 3.3ms以下



	EIRP		Duty_tx	Note
	平均値 (dBm)	尖頭値		
5		5	100	
		7	63	
		10	32	
		13	16	現行省令相当
		17	6	今回の計算条件
	20	3		

小数点以下を丸め

Duty Cycle 用語定義	符号	代表値		説明
		FMCW	Pulse	
検知動作 Duty	Duty_sense	10%	10%	(省令の規定により) 33ms当りの送信時間総和は3.3ms以下
検知時送信 Duty	Duty_tx	100%	6%	検知動作期間内 FMCWは常時送信; Pulse は更に間欠動作;
総合 Duty	Duty_total	10%	0.6%	総合Duty (Duty_total) = Duty_sense × Duty_tx

3. 平均電力計算適応分析

下記条件では 与干渉電力は 平均電力での計算が適応できると考えられる：

条件1：（時間軸）被干渉システムの受信時間は 干渉波のPulse幅とPulse繰り返し周期より 十分長い、受信器が長い時間軸上で Pulse電波の電力を判断するため、平均電力での計算が適応できる；

条件2：（周波数軸）被干渉システムの受信周波数帯が Pulse波の占有帯域幅より十分狭い、広帯域Pulse波は狭帯域システムを通る時、平均値に近い成分しか残らないため、平均電力での計算が適応できる；

条件3：（デジタル変・復調システム）デジタル通信システムの場合、特にOFDM-QAMシステムでは Data Streamが 周波数軸、時間軸上の 多重インタバルと訂正符号などのCoding技術を実装されているため、通信品質の指標となる BER はほぼ帯域内のCNRと直接関連して； 非相関妨害電波は 復調器の逆インタバル処理とDecoding処理などにより、Frame毎に Data Stream上均等化される事はよく知られている； Pulse電波は 既存のデジタル変・復調システム電波と 相関性がない事は Frame周期はPulse電波の繰り返し周期より十分長いいため、平均電力計算の適応ができると考えられる。（尚、該条件について 実機試験により 2重検証の予定）

その他： 帯域外システムに於いては 帯域外不要放射が 妨害源となり、令和元年度作業班の計算方法を沿用； 大量なセンサーが同時動作時、妨害波の集合電力が送信統計的な計算方法が妥当であり、平均的な令和元年度作業班の計算方法を使う；

被干渉側システム		評価指標	適応条件	評価条件
屋内	57~66GHz 小電力データ 通信システム (WiGig)	① CCA Block 隔離距離	条件 1	CCA受信時間は ~ 3 μ s前後であり、Pulse幅 (~ns) とPulseの繰り返し周波数 (~100ns) より十分長いため；
		② CCA Block 確率	条件 1	
		③ 離隔距離(CNR基準)	条件 3	WiGigの電波は Pulse電波の非相関、Pulse電波は復調器までいくが、復調とDecodingにより、妨害効果はFrame毎平均化される； 尚、本検証は実機試験により 2重検証の予定；
屋外	57~66GHz 小電力データ 通信システム(WiGig)	④ CCA Block 離隔距離	条件 1	同 ①
		⑤ 離隔距離 (CNR基準)	条件 3	同 ③
	60.05GHz共同 住宅共聴システム	⑥ 離隔距離 (CN基準)	条件 2	受信BW=34.5MHz ; Pulse帯域限度値 (1.1GHz)は 十分広い
	58GHz エントランス回線	⑦ 離隔距離 (INR基準)	条件 2	受信BW=26.0MHz ; Pulse帯域限度値 (1.1GHz)は 十分広い
	60GHz帯ミリ波 車載レーダー	⑧ 離隔距離 (CNR基準)	条件 2	受信器Baseband帯域 BW=1KHz ; Pulse帯域限度値 (1.1GHz)は 十分広い
ミリ波踏切 障害物検知装置	⑨ 離隔距離(CNR基)	条件 2	受信器Baseband帯域 BW=1KHz ; Pulse帯域限度値 (1.1GHz)は 十分広い	

3. 平均電力計算適応分析

被干渉側システム		評価指標	適応条件	評価条件
屋外・帯域外	55GHz帯 屋外 FPU	離隔距離 (INR基準)	その他	帯域外システムであり、帯域外不要放射が 妨害源となり、令和元年度作業班の計算方法を沿用
	地球探査衛星業 (DMSP 5D-3 F19)	妨害波集合電力基準 日本全国許容台数	その他	大量のセンサー応用が計算条件となる；大量のセンサーが動作時、それぞれのセンサーの電波放射時間はランダムであるため、統計的な計算が妥当である；パルスセンサーの総合動作Duty Duty Cycle__ Duty_totalは 0.6% 程度と想定しており、台数167台以上であれば 平均電力計算と 統計計算は 同じ結果となるので 令和元年度作業班と同様に 平均電力で計算する；
	電波天文	集合干渉電力基準 離隔距離	その他	帯域外システムであり、帯域外不要放射が 妨害源となり、令和元年度作業班の計算方法を沿用

(参考)

	EIRP(dBm)		検知時送信 Duty_tx (%)	説明
	平均値	尖頭値		
FMCW	13	13	100	<ul style="list-style-type: none"> 尖頭値が他システムへ影響する場合、Pulseの方が 4dB高くなる (通信距離換算 約1.6倍、Radar探知距離換算は 1.26倍となる)； 平均値が他システムへ影響する場合、FMCWの方が8dB高い (通信距離換算 約2.5倍、Radar探知距離換算は 1.6倍となる)；
Pulse	5	17	6	

4. 共用検討結果 ① Summary

帯域内システム



被干渉側		評価指標	Pulse検討結果	評価条件
屋内	57~66GHz 小電力データ 通信システム (WiGig)	CCA Block 隔離距離	0.55m	10台動作、正対
		CCA Block 確率	1.9%	離隔距離内 10台ランダム設置 ;
		離隔距離(CNR基準) 通信距離 10m	1.61m	64QAM、アンテナ正対;
		離隔距離(CNR基準) 通信距離 10m	3.21m	64QAM、アンテナ半値角ずらす ;
屋外	57~66GHz 小電力データ 通信システム (WiGig)	CCA Block 離隔距離 基準値 -48dBm	16.9dB Marginあり、ブロックしない	10台同時動作、 被干渉機設置高さ 5 m、 与干渉機設置高さ0.5m
		離隔距離 (CNR基準) 通信距離 500m	4.49 dB Marginあり、干渉しない	通信機設置高さ 5 m、 与干渉機設置高さ0.5m
	60.05GHz共同 住宅共聴システム	離隔距離 (CN基準) (通信距離20m)	0.45m	与干渉機距離 10cm~10m ; 被干渉機サイドローブ受信;
	58GHz エントランス回線	離隔距離 (INR基準) (アンテナ正対時)	7.56dB Marginあり、干渉しない	通信機器設置高度 5 m、 与干渉機設置高さ0.5m
	60GHz帯ミリ波 車載レーダー	離隔距離 (CNR基準) (検知距離 120m)	1.2m	車前方から接近
		離隔距離(CNR基準)	40dB 以上Margin、干渉しない	前車が与干渉機センサーを搭載 ;
ミリ波踏切 障害物検知装置	離隔距離(CNR基) (検知距離 25m)	3.7m	3台同時動作	

4. 共用検討結果 ① Summary

帯域外システム



被干渉側		評価指標	Pulse検討結果	評価条件
屋外	55GHz帯 屋外 FPU	離隔距離 (INR = -20dB基準)	340m	FPU とミリ波センサーのアンテナが正対
	地球探査衛星業 (DMSP 5D-3 F19)	日本全国許容台数	200万億台	衛星保護電力 -169dBW/100MHz
	電波天文	集合干渉電力基準 離隔距離 @ 76.5GHz (-196.5dBm/MHz基準)	5.0 Km	<ul style="list-style-type: none"> ・ アグリゲートモデル ・ 集合干渉電力の考え方 ・ 人体・物体遮蔽軽減 3dB ・ 都市構造遮蔽損失適応しない ・ 一日 動作時間 0.91時間 ・ センサー数は 車一台 2機搭載
		集合干渉電力基準 離隔距離 @ 115GHz (-198dBm/MHz基準)	2.0 Km	

- Note:**
- ・ 上記帯域内・外の与干渉電力は（衛星業務、電波天文を除き）全てセンサー検知動作時の計算となる；
 - ・ 帯域内の計算にそれぞれの方式の EIRP、アンテナ特性、検知動作時送信Duty (Duty_tx)を使用して計算；
 - ・ 帯域外システムについて 与干渉電力は「特定小電力帯域外不要放射規定値」を使用；

実証試験

与・被干渉機		評価指標	Pulse検討結果	評価条件
近接	パルス方式 → パルス方式センサー	SNR > 3dB 離隔距離	実機試験検証中	一台、与干渉機は 被干渉機へ正対； 実機試験検証；
	FMCW方式 → パルス方式センサー	SNR > 3dB 離隔距離	実機試験準備中	一台、与干渉機は 被干渉機へ正対； 実機試験検証；
	パルス方式 → FMCW方式センサー	SNR > 3dB 離隔距離	実機試験準備中	一台、与干渉機は 被干渉機へ正対； 実機試験検証；

以下

共用検討詳細結果となる

4. 共用検討結果__ ② 詳細

Part-1 帯域内システム

- 4.1) (屋内) 57～66GHz小電力データ通信システム (WiGig)
 - 4.1A) WiGig CCAブロック 離隔距離
 - 4.1B) WiGig CCAブロック 確率
 - 4.1E) WiGig CNR基準 離隔距離
- 4.2) (屋外) 57～66GHz小電力データ通信システム (WiGig)
 - 4.2A) WiGig CCAブロック 離隔距離
 - 4.2B) WiGig CNR基準 離隔距離
- 4.3) (屋外) 58.8～61.3GHz共同住宅共聴システム CNR基準 離隔距離
- 4.4) (屋外) 58GHz帯エントランス回線 INR基準 離隔距離
- 4.5) (屋外) 60GHz帯ミリ波車載レーダー CNR基準 離隔距離
- 4.6) (屋外) 60GHz帯ミリ波踏切障害物検知装置 CNR基準 離隔距離

4.1A) (屋内) WiGig CCAブロック 離隔距離

与干渉機・被干渉機諸元

被干渉機器	周波数	Fv	60.48	GHz
	送受信空中線利得	Gt/Gr	0	dBi
	帯域幅	BW	2.16	GHz
	受信機雑音指数	NF	10	dB
	所要C/N	CNreq	8.45	dB
	CCAブロック電力	P _{CCA}	-48	dBm

与干渉機器	周波数	Fi	60.48	GHz	
	波長	λ	0.00496	m	
	送信電力 (尖頭値)	PTi	10	dBm	瞬間最大値
	送信空中線利得	Gi	7	dBi	実装代表値
	EIRP 尖頭値	EIRPipk	17	dBm	最大値
	EIRP 平均値	EIRPiav	4.8	dBm	EIRP尖頭値の時間平均値
	占有帯域幅	BWi	1.1	GHz	最小値 (本計算に未使用)
	台数	N	1,5,10	台	

計算に使用した諸元__直接使用

計算に使用した諸元__間接使用

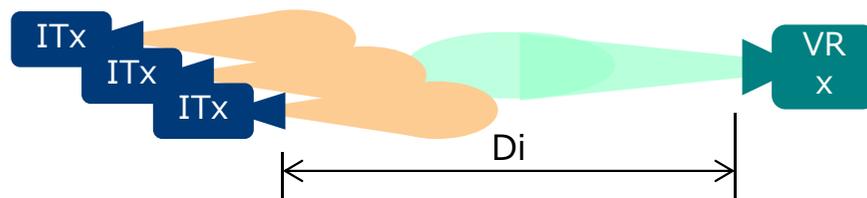


図1. 複数与干渉機とWiGig受信機は正対向き

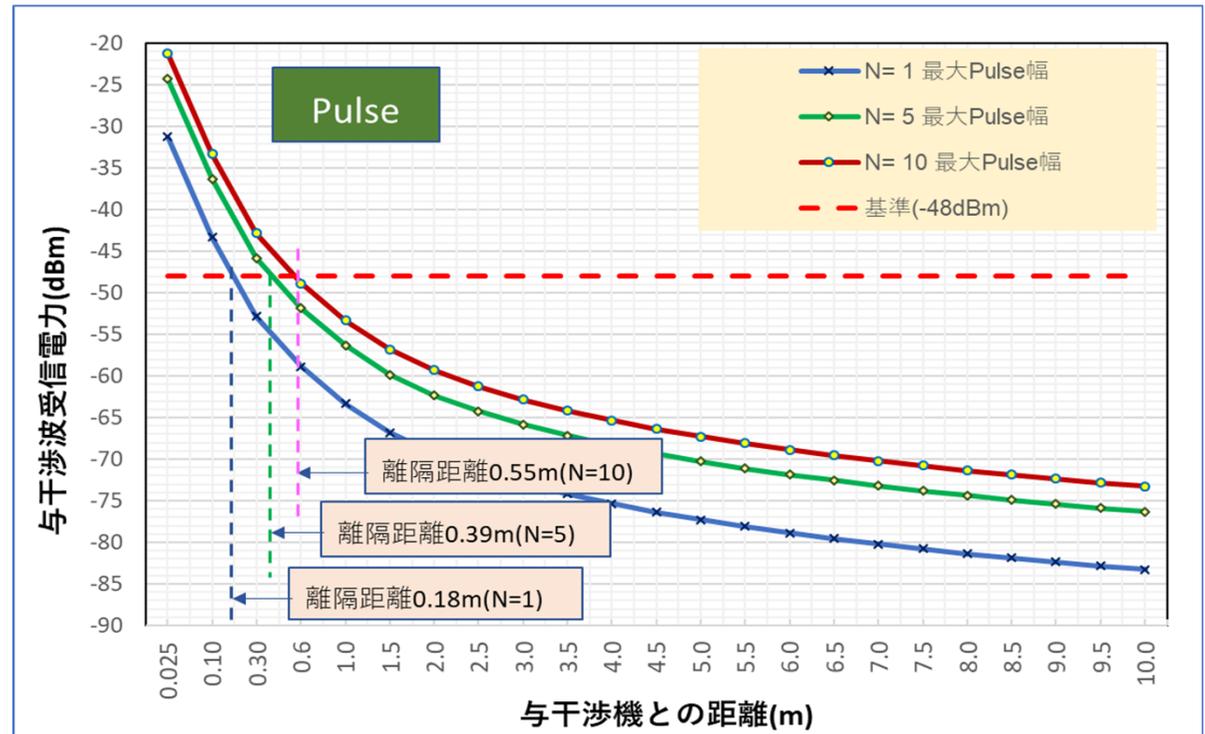
主要計算式

$$\text{EIRPiav}(\text{dBm}) + 20\log(\lambda / 4\pi) - 20\log(\text{Di}) + 10\log(N) < -48\text{dBm}$$

4.1A) (屋内) WiGig CCAブロック離隔距離

複数与干渉機同時動作の場合、CCAブロック回避に必要な離隔距離

CCAブロック離隔距離			
台数	1	5	10
Pulse方式 離隔距離	0.18m	0.39m	0.55m



- WiGig CCA ブロック受信電力基準値は -48dBmとなる；
- Pulse方式：1、5、10台同時動作時、離隔距離は0.18、0.39、0.55mとなる；
- 尚、上記計算ではPulse方式の場合は、Pulse幅が最大値である条件で計算したが、実装代表値ではPulse幅がより狭くなり、Dutyも減るため、離隔距離が更に短くなる；

4.1B) (屋内) WiGig CCAブロック 確率

1. WiGig CCAブロック妨害の定義

- ① 与干渉機器は 離隔距離内に存在する事を条件とする
- ② 57~64GHz の帯域内、WiGigの任意チャンネルに妨害波が現れたら、妨害が生じるとする (送信 = 妨害)

2. WiGig CCAブロック確率の定義

上記1-② の発生確率を 「WiGig CCAブロック確率」と定義する (送信Duty Cycle = 妨害の確率)

3. WiGig CCAブロック確率 (単台正対) の計算式

上記2 で定義の「WiGig CCAブロック確率」 (以下Pcbと表示) の計算式は 下記式となる
(送信Duty Cycle = $T_{trans} / (T_{trans} + T_{silence})$)

$$Pcb \text{ (単台正対)} = T_{trans} / (T_{trans} + T_{silence}) = \text{Duty_sense} \quad \text{-----①}$$

Pulseの場合、Trans (総和3.3ms max)内に 更に 6% 程と間欠動作しているが、Pulse周期は 100nsオーダーであり、CCA 時間の3usより短い為、連続動作と見なす； よって、Trans=3.3ms(max)、Tsilence=29.7ms (min) を適応する。
上記式①から Pcb (単台正対)= 10% と計算される；

4. WiGig CCAブロック確率 (10台、正対) の計算式

10台正対の場合、その10台は時間をずらし、送信時間に重複のないケースを計算の条件とする； その場合、送信信号の存在時間は下記式により算出する

10台の送信時間 Trans (10台) = 10 × Trans (単台) ； Tsilence は 変わらないため、10台正対の計算式は 下記となる：

$$Pcb \text{ (10台正対)} = 10 \times T_{trans} \text{ (単台)} / \max [(10 \times T_{trans} \text{ (単台)}, T_{trans} \text{ (単台)} + T_{silence})] \quad \text{-----②}$$

Pulseの場合、前記 3 と同じ考え方で Trans (単台) = 3.3ms(max)とし、Tsilence=29.7ms (min) ；
上記式 ② から Pcb (10台正対)= 100% となる；

4.1B) (屋内) WiGig CCAブロック 確率

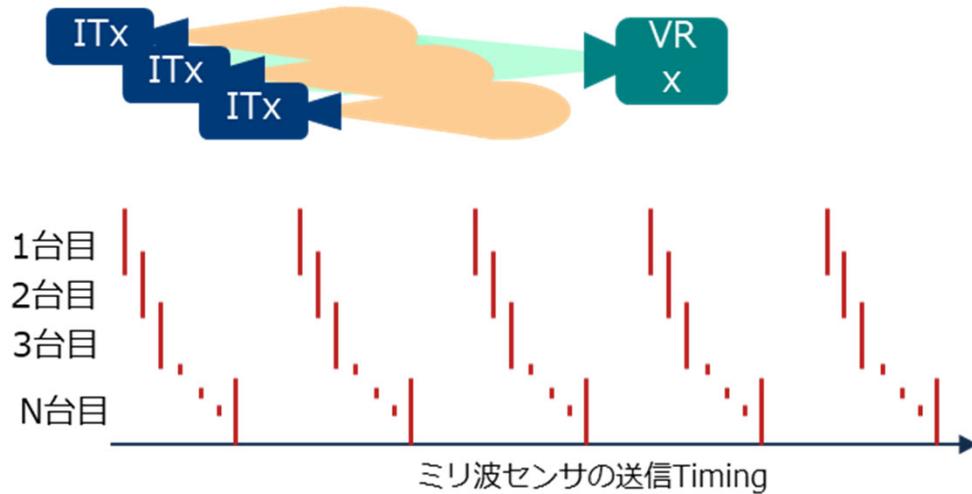


図2 : 10台与干渉機が至近距離でWiGig受信機波へ順次送信

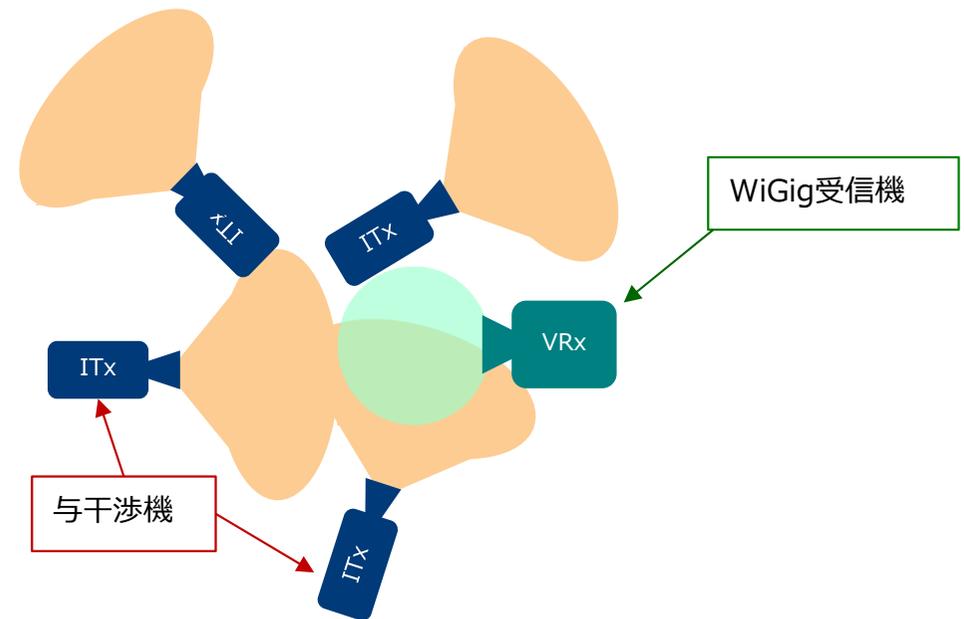


図3 : アンテナビーム90度の機器がランダム配置

4.1B) (屋内) WiGig CCAブロック 確率

5. WiGig CCAブロック確率 (10台、ランダム配置) の計算式

10台ランダム配置の場合、送信時間の配列は 前記 4 同様に 時間をずらし、送信時間が重複のないようなケースとする； 然し、ランダム配置の場合、アンテナのBeamが WiGig機器に向く、向かないケースが生じるのは CCAブロック確率の計算に アンテナの正対確率要素を入れることから 計算式は 下記となる：

$$P_{cb} (10台ランダム) = 10 \times T_{trans} (単台) / \max [(10 \times T_{trans}(単台), T_{trans}(単台) + T_{silence})] \times \text{アンテナ正対確率} \quad \text{-----③}$$

Pulseの場合、アンテナ正対確率 = 1/16 (右の表を参考)；

$$\begin{aligned} P_{cb}(Pulse10台ランダム) &= 100\% \times 1/16 \\ &= 6.25\% \text{ の結果となる；} \end{aligned}$$

ランダム設置時のアンテナの向きが WiGig機器正対の確率		
アンテナ利得 (dBi)		7
上記利得に対応する IEEEアンテナモデル 半値角	θ_{-3dB}	90
ランダム配置時 水平面内の正対確率 ($\theta_{-3dB}/360$)	a	$= \theta_{-3dB}/360^\circ = 1/4$
ランダム配置時 垂直面内の正対確率 ($\theta_{-3dB}/360$)	b	$= \theta_{-3dB}/360^\circ = 1/4$
Totalのアンテナ正対確率	a × b	1/16

WiGig CCAブロック確率計算結果

与干渉機台数		1	1	10
与・被干渉機間距離		単台動作離隔距離内 (<0.18m)		
与干渉機の配置		正対配置	ランダム配置	
CCAブロック確率	Pulse方式 (1.1GHz拡散、0.18m以内)	10 %	0.625 %	6.25%
説明	<ul style="list-style-type: none"> 10台をランダム配置する場合、与干渉機は送信時間をずらして送信し、送信時間が重複しないようにするケース(現実的に発生しない極端な例、本項4.1B) 図2参照)； 10台をランダム配置し送信時間をずらして送信する場合、任意時間に一台のセンサーしか送信しないため、離隔距離は 前記4.1A) で算出された離隔距離 0.18mが 該当する； 現実的に 0.18m以内に センサーを 10台 設置する例は 想定されない； 			

考察

離隔距離とCCAブロック確率を考量すると 共存共用が可能と考えられる。

4.1E) (屋内) WiGig通信CNR基準 離隔距離

与干渉機・被干渉機諸元

被干渉機器	周波数	Fv	60.48	GHz
	送信電力	PTv	23	dBm
	送受信空中線利得	Gt/Gr正対	17.14	dBi
		Gt/Gr半値角	14.14	
	EIRP(dBm) 正対	EIRP	40.14	dBm
	EIRP(dBm) 半値角	EIRP	37.14	dBm
	帯域幅	BW	2.16	GHz
	受信機雑音指数	NF	10	dB
	所要C/N_16QAM	CNreq	8.45	dB
	所要C/N_64QAM	CNreq	14.5	dB

与干渉機器	周波数	Fi	60.48	GHz	
	波長	λ	0.00496	m	
	送信電力(尖頭値)	PTi	10	dBm	瞬間最大値
	送信空中線利得	Gi	7	dBi	実装代表値
	EIRP 尖頭値	EIRPipk	17	dBm	最大値
	EIRP 平均値	EIRPiav	4.8	dBm	EIRP尖頭値の時間平均値
	占有帯域幅	BWi	1.1	GHz	最小値(本計算に未使用)*
	台数	N	1	台	

計算に使用した諸元__直接使用

計算に使用した諸元__間接使用

主要計算式

通信受信: $PRv = PTv \cdot Gt \cdot Gr \cdot (\lambda / 4\pi Dv)^2$

妨害受信:

(Pulse) $PRi = EIRPiav \cdot Gr \cdot (\lambda / 4\pi Di)^2$ *

* Pulse方式の 拡散帯域 1.1GHz が 2.16GHzよりも狭くなると 拡散効果がなくなるので、拡散効果 BW/BWiはなくなる;

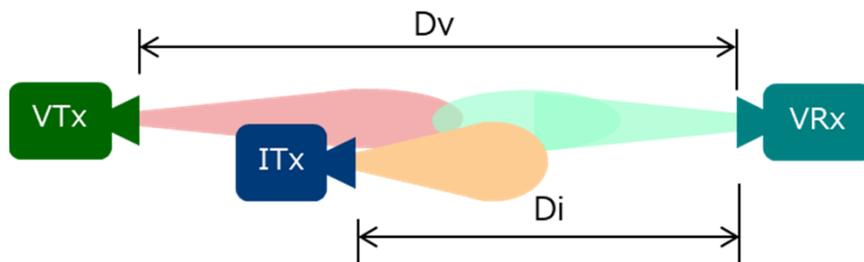


図4: 与干渉機—被干渉機受信機アンテナ正対、被干渉送受信機アンテナ正対

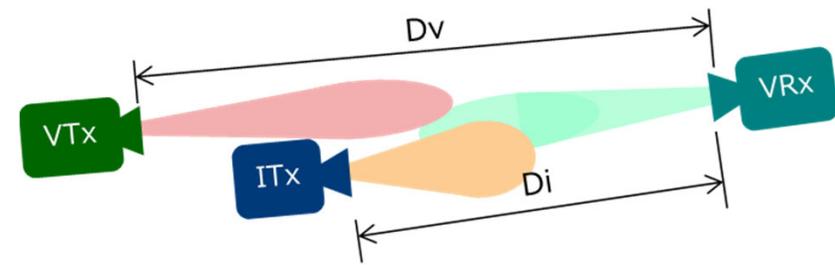
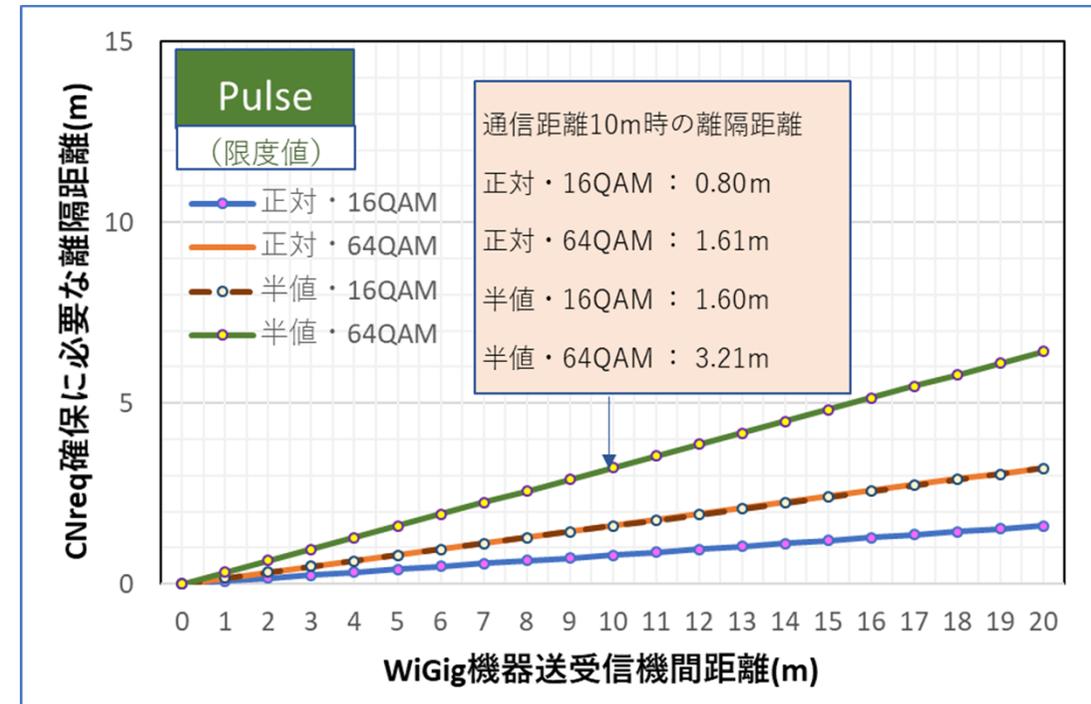


図5: 与干渉機—被干渉機受信機アンテナ正対、被干渉送受信機アンテナが半値角ずらす

4.1E) (屋内) WiGig通信CNR基準 離隔距離

与干渉機 1 台の場合、所要CNRを確保するため 必要な離隔距離

CNR確保に必要な離隔距離 (通信距離10m)				
アンテナ 向き	正対	正対	半値角 ずらす	半値角 ずらす
WiGig 変調方式	16QAM	64QAM	16QAM	64QAM
Pulse方式 離隔距離	0.80m	1.61m	1.60m	3.21m



- WiGig の 所用C/N は 変調方式によって異なる ;
- 通信距離10m、アンテナ正対、変調式が 16QAM/64QAMの時、Pulse方式： 離隔距離 0.80m/1.61mとなる ;
- 尚、上記計算では Pulse方式の場合は、Pulse幅が最大値である条件で計算したが、実装代表値では Pulse幅が より狭くなり、Dutyも 減る、周波数拡散効果が高まるため、離隔距離が更に短くなる ;

4.2A) (屋外) WiGig CCAブロック 離隔距離

与干渉機・被干渉機諸元

被干渉機器	周波数	Fv	60.48	GHz
	送信電力	Pt	20	dBm
	送受信空中線利得	Gt/Gr	20.0	dBi
	EIRP	EIRP	40.0	dBm
	空中線半値角	θ_{-3dB}	18.6	deg
	Main Lobe幅	θ_{ml}	48.0	deg
	Side Lobe	G θ	-11.8	dBi
	帯域幅	BW	2.16	GHz
	受信機雑音指数	NF	10	dB
	所要C/N	CNreq	8.45	dB
	CCAブロック電力	P _{CCA}	-48	dBm
	アンテナ高さ	H	5	m

与干渉機器	周波数	Fi	60.48	GHz	
	波長	λ	0.00496	m	
	送信電力 (尖頭値)	PTi	10	dBm	瞬間最大値
	送信空中線利得	Gi	7	dBi	実装代表値
	EIRP 尖頭値	EIRPipk	17	dBm	最大値
	EIRP 平均値	EIRPiav	4.8	dBm	EIRP尖頭値の時間平均値
	占有帯域幅	BWi	1.1	GHz	最小値 (計算未使用)
	台数	N	1,5,10	台	設置高さ 0.5m

計算に使用した諸元_直接使用

計算に使用した諸元_間接使用

主要計算式

$$EIRPiav(\text{dBm}) + 20\log(\lambda / 4\pi) - 20\log(Di) + 10\log(N) < -48\text{dBm}$$

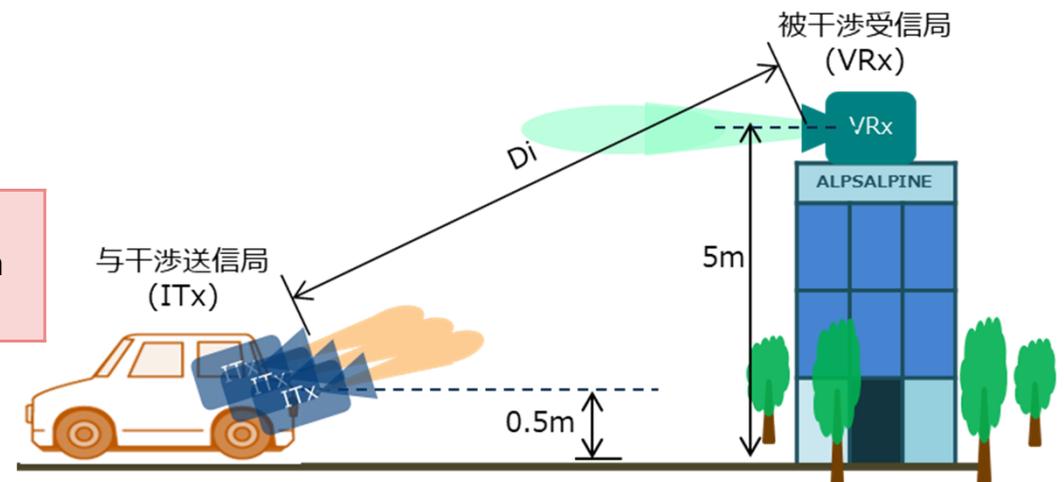
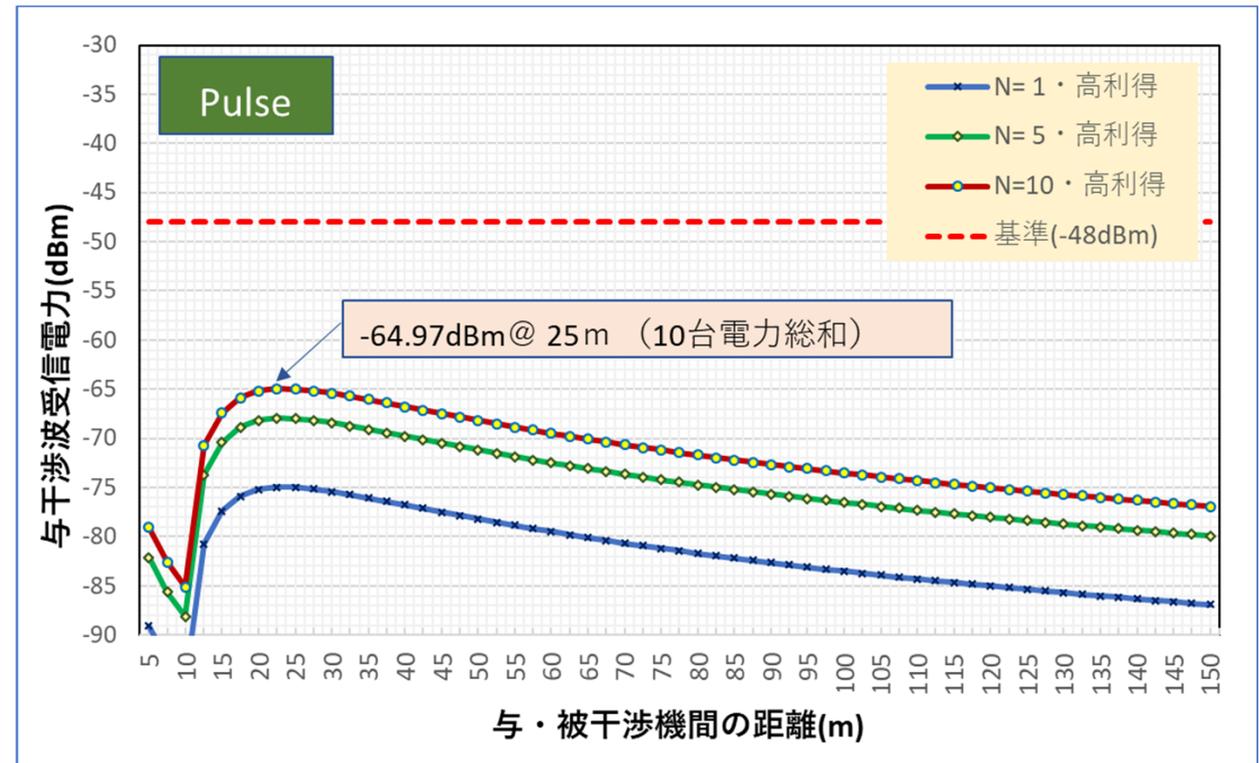


図6 屋外小電力無線システム干渉モデル

4.2A) (屋外) WiGig CCAブロック 離隔距離

複数与干渉機同時動作の場合、CCAブロック回避に必要な離隔距離

WiGig CCAブロック離隔距離			
台数	1	5	10
Pulse方式 干渉受信電力 (dBm)	-75.0	-68.0	-65.0



- WiGig CCA ブロック受信電力基準値は -48dBmとなる；
- 屋外の場合、与・被干渉機の設置高さの関係で 与干渉機妨害波受信電波最大値は 距離 25mで 現れる；
- 10台同時送信時の最大妨害波受信電力も -48dBm以下となり、CCAブロック妨害は起きない；

4.2B) (屋外)WiGig CNR基準 離隔距離

与干渉機・被干渉機諸元

被干渉機器	周波数	Fv	60.48	GHz
	送信電力	Pt	20	dBm
	送受信空中線利得	Gt/Gr	20.0	dBi
	EIRP	EIRP	40.0	dBm
	空中線半値角	θ_{-3dB}	18.6	deg
	Main Lobe幅	θ_{ml}	48.0	deg
	Side Lobe	G θ	-11.8	dBi
	帯域幅	BW	2.16	GHz
	受信機雑音指数	NF	10	dB
	所要C/N	CNreq	8.45	dB
	CCAブロック電力	P _{CCA}	-48	dBm
	アンテナ高さ	H	5	m

与干渉機器	周波数	Fi	60.48	GHz	
	波長	λ	0.00496	m	
	送信電力 (尖頭値)	PTi	10	dBm	瞬間最大値
	送信空中線利得	Gi	7	dBi	実装代表値
	EIRP 尖頭値	EIRPipk	17	dBm	最大値
	EIRP 平均値	EIRPiav	4.8	dBm	EIRP尖頭値の時間平均値
	占有帯域幅	BWi	1.1	GHz	最小値 (計算使用値) *
	台数	N	1,5,10	台	設置高さ 0.5m

計算に使用した諸元__直接使用

計算に使用した諸元__間接使用

主要計算式

通信受信:

$$PR_v = P_{T_v} \cdot G_t \cdot G_r \cdot (\lambda / 4\pi D_v)^2$$

妨害受信:

$$PRI = EIRPi_{av} \cdot G_r \cdot (\lambda / 4\pi D_i)^2 *$$

* Pulse方式の 拡散帯域 1.1GHzが 2.16GHzよりも狭くなると 拡散効果がなくなるので、
拡散効果 BW/BWiは なくなる；

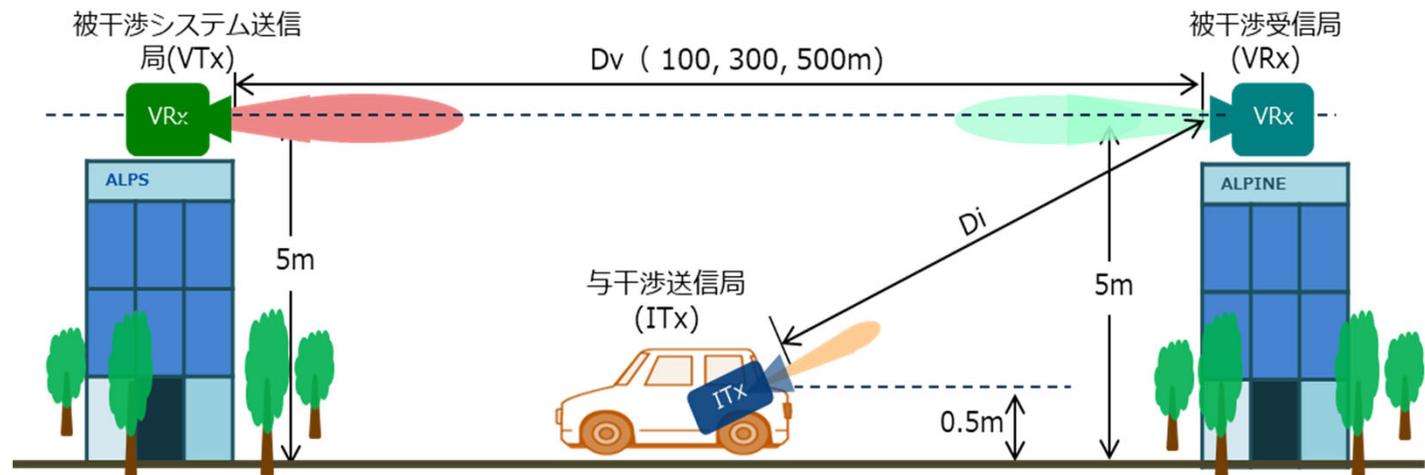
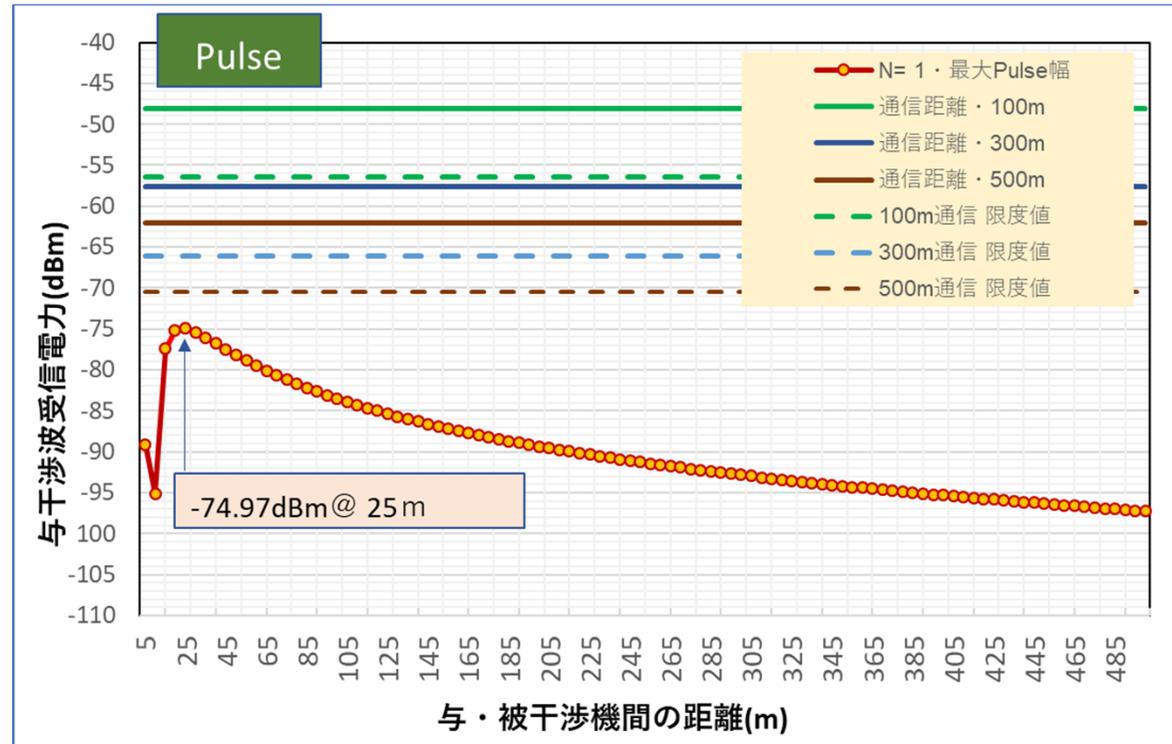


図6 屋外小電力無線システム干渉モデル

4.2B) (屋外)WiGig CNR基準 離隔距離

CNR基準離隔距離

通信距離 (m)	100	300	500
妨害波許容値 (dBm)	-56.50	-66.05	-70.48
Pulse方式 Margin(dB) (CNR基準をクリア)	18.47	8.93	4.49



- CNR \geq 8.45dB を基準としたとき、屋外WiGig機器が 通信距離 100、300、500mに於ける 妨害波受信電力の許容限度値はそれぞれ -56.5、-66.05、-70.48dBmとなる；
- 与干渉機器の設置高さが 0.5mの場合、与・被干渉機の設置高さの関係で 妨害波受信電波最大値は 距離 25mで 現れる；
- 妨害波レベルは Pulse方式では -74.97dBmとなり、WiGig機器の妨害許容値を下回っている；
- 尚、500m通信距離の条件では Pulse方式は 4.49dBのMarginがある；

4.3) (屋外) 共同住宅共聴システム CNR基準 離隔距離

与干渉機・被干渉機諸元

被干渉機	周波数	Fv	60.05	GHz
	波長	λ	0.00500	m
	送信電力	Pt	-14.0	dBm
	送受信空中線利得	Gt/Gr	23.0	dBi
	EIRP	EIRP	9.02	dBm
	空中線半値角	θ_{-3dB}	6.71	deg
	Main Lobe幅	θ_{ml}	17.3	deg
	Side Lobe	G θ	-11.4	dBi
	与干渉信号受信アンテナ利得	G _{RI}	相対位置により算出	dBi
	帯域幅	BW	34.5	MHz
	受信機雑音指数	NF	7	dB
	所要C/N	CNreq	20.2	dB
	伝送距離	D	20	m
	Side Lobe(>90°)	G _{side}	-13	dBi
CH内熱雑音電力	P _n	-91.5	dBm	

与干渉機	周波数	F _i	60.05	GHz	
	波長	λ	0.00500	m	
	送信電力(尖頭値)	P _{Ti}	10	dBm	瞬間最大値
	送信空中線利得	G _i	7	dBi	実装代表値
	EIRP 尖頭値	EIRP _{ipk}	17	dBm	最大値
	EIRP 平均値	EIRP _{iav}	4.8	dBm	EIRP尖頭値の時間平均値
	占有帯域幅	BW _i	1.1	GHz	最小値(計算使用値)
	設置位置	Angle	> 9	degree	サイトローブ受信
	台数	N	1	台	

計算に使用した諸元__直接使用

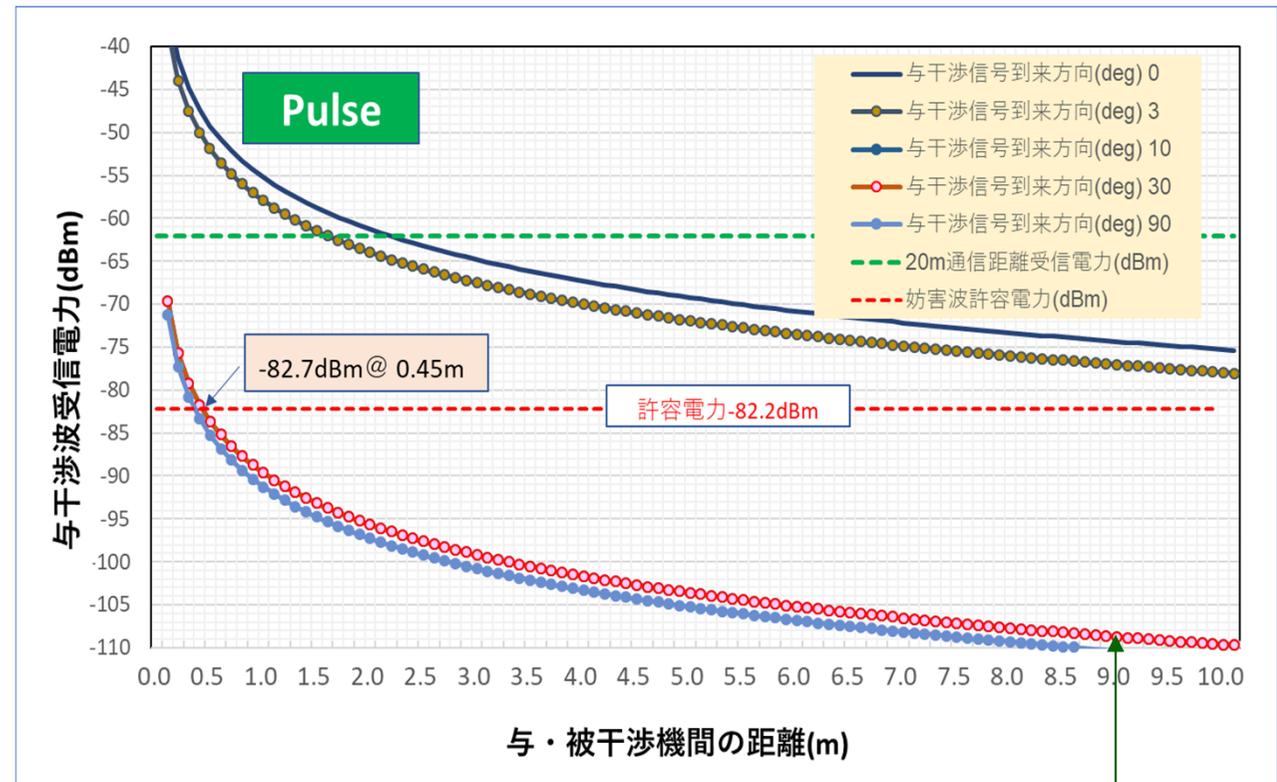
計算に使用した諸元__間接使用

主要計算式

妨害受信電力: $P_{Ri} = EIRP_{iav} \cdot G_{RI} \cdot (\lambda / 4\pi D_i)^2 \cdot BW / BW_i$
 尚、G_{RI}は角度毎に算出

4.3) (屋外) 共同住宅共聴システム CNR基準 離隔距離

CNR基準 離隔距離	
通信距離	20m
妨害波許容値	-82.2dBm
Pulse方式離隔距離	0.45m



- CNreq > 20dB を基準としたとき、共同住宅共聴システムの 20m配信時の 妨害波受信電力の許容限度値は -82.2dBmとなる；
- 共同住宅システムの送受信アンテナメインビーム幅は 17.3degreeとなる；
- ミリ波移動体センサーは 該システムのメインビームに入ると妨害となる；
- メインビームから9度をずらす場合、該システムアンテナのサイドローブにより妨害波を受信する事となる；
- サイドローブにより妨害波を受信する場合、Pulse方式では 離隔距離は0.45mとなる； 該距離は容易に取れると考えられる；よって、該システムと共用できると考えられる。

10度と30度の計算結果は重なっている。(IEEEアンテナモデルでは $\theta_{ml}/2 \sim 90$ 度間のアンテナ利得が同じ結果となるため)

4.4) (屋外) 58GHz エントランス回線 INR基準 離隔距離

与干渉機・被干渉機諸元

被干渉機器諸元	周波数	Fv	58.32	GHz
	送受信空中線利得	Gt/Gr	41.9	dBi
	空中線半値角	θ_{-3dB}	1.5	deg
	空中線Main Lobe	θ_{ml}	3.87	deg
	受信帯域幅	BW	26	MHz
	受信帯域Offset	OVr	-19.19	dB
	大気吸収損失	La	-5	dB/Km
	受信機雑音指数	NF	10	dB
	熱雑音電力	NVr	-89.65	dBm
	許容INR	INR	-10	dB
	設置高さ	HR	5	m

主要計算式

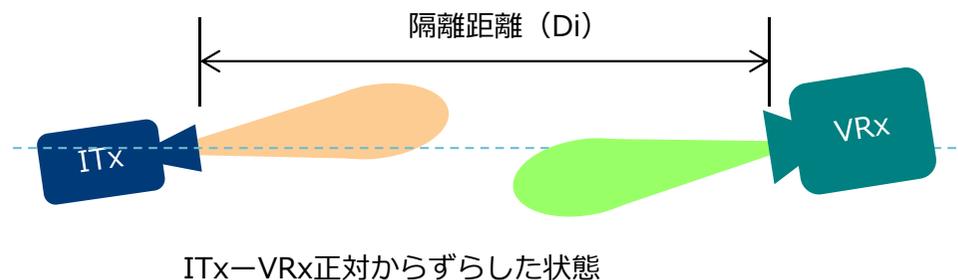
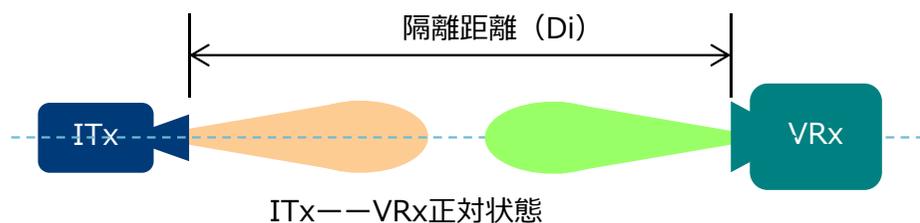
妨害受信電力： $PRi = EIRPiav \cdot GRi \cdot (\lambda / 4\pi Di)^2 \cdot La \cdot BW / BWi$
 尚、GRiは 角度毎に算出

与干渉機器諸元	周波数	Fi	58.32	GHz	
	波長	λ	0.00514	m	
	送信電力 (尖頭値)	PTi	-5	dBm	瞬間最大値@58.32GHz
	送信空中線利得	Gi	7	dBi	実装代表値
	空中線半値角	θ_{i-3dB}	90.0	deg	実装代表値 (IEEEモデル)
	空中線Main Lobe	θ_{iml}	232.0		実装代表値 (IEEEモデル)
	EIRP 尖頭値	EIRPipk	2	dBm	最大値
	EIRP 平均値	EIRPiav	-10	dBm	EIRP尖頭値の時間平均値
	占有帯域幅	BWi	1.1	GHz	最小値 (計算使用値)
	設置高さ	Hi	0.5	m	
	台数	N	1	台	

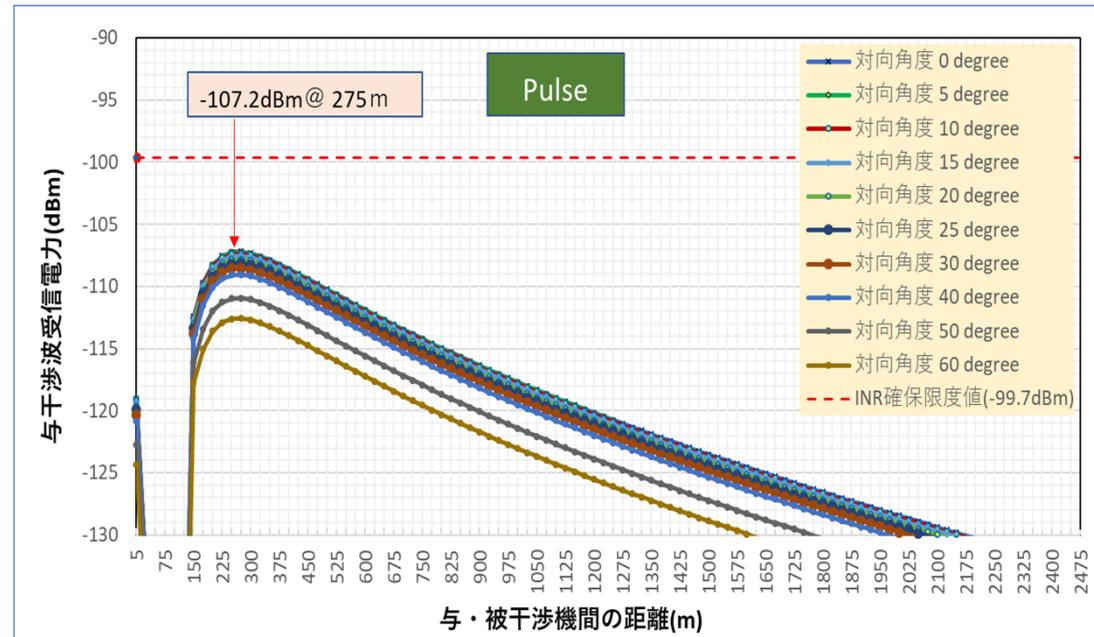
* Pulse方式は中心周波数が 約 60.5GHzに固定しており、1.1GHzの周波数拡散帯域では 58.32GHzでの PSDが-15dB以上(実測値-25dB)低くなる。又、1.1~7GHzの拡散帯域では 58.2GHz の所の電力密度を変化幅は 5dB以下と確認できた；

計算に使用した諸元__直接使用

計算に使用した諸元__間接使用



4.4) (屋外) 58GHz エントランス回線 INR基準 離隔距離



INR基準干渉区間(m) vs 対向角度

対向角度	0deg	10deg	20deg	40deg	60deg	80deg
Pulse方式 Margin	7.56dB (7.56dBのMarginでINR基準をクリア、干渉は起きない)					

- 58GHz エントランス回線の離隔距離計算は INR<-10dB の基準で計算される； その基準電力は -99.7dBmとなる；
- エントランス回線の設置高度は 5 m、 与干渉機器の設置高度は 0.5mの ケースで離隔距離を計算する；
- エントランス回線のアンテナビームが狭いため、アンテナ指向性と 電波伝搬Lossの総合効果で 特定の区間内に干渉波の受信電力が高くなる；
- Pulseの場合、干渉は起きない； 275mの所で干渉電波受信電力が最大となるが、7.56dBのMarginがある；

4.5) (屋外) ミリ波車載レーダー CNR基準 離隔距離

与干渉機・被干渉機諸元

被干渉機器	周波数	Fv	60.48	GHz
	送信電力	PTv	4.77	dBm
	送受信アンテナ利得	Gt/Gr	40	dBi
	空中線半値角	θ_{-3dB}	5.2	deg
	帯域幅	BW	1	KHz
	反射断面積	δ	10	m ²
	検知距離	R	1~120	m
	スキャン角度	FOV	+/-14	deg
	大気減衰量	La	0	dB
	降雨減衰量	Lr	0	dB
	受信機雑音指数	NF	10	dB
	所要C/N	CNreq	3	dB
	熱雑音受信電力	NT	-123.8	dBm

与干渉機器	周波数	Fi	60.48	GHz	
	波長	λ	0.00496	m	
	送信電力 (尖頭値)	PTi	10	dBm	瞬間最大値
	送信空中線利得	Gi	7	dBi	実装代表値
	EIRP 尖頭値	EIRPipk	17	dBm	最大値
	EIRP 平均値	EIRPiav	4.8	dBm	EIRP尖頭値の時間平均値
	占有帯域幅	BWi	1.1	GHz	最小値 (計算使用値)
	距離	Di	1~120	m	
	台数	N	3	台	

計算に使用した諸元__直接使用

計算に使用した諸元__間接使用

主要計算式

自己波受信:

$$Pr = (\lambda^2 \cdot PTv \cdot Gt \cdot Gr \cdot \delta) / [(4\pi)^3 \cdot R^4 \cdot La \cdot Lr]$$

妨害波受信:

$$PRI = EIRPiav \cdot Gr \cdot (\lambda / 4\pi Di)^2 \cdot La \cdot Lr \cdot N \cdot BW / BWi$$

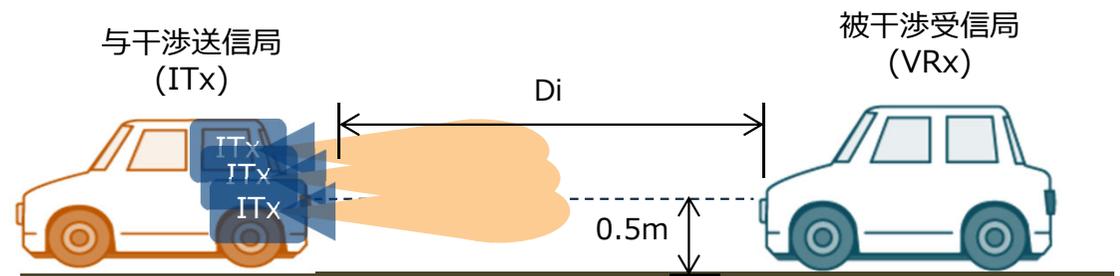
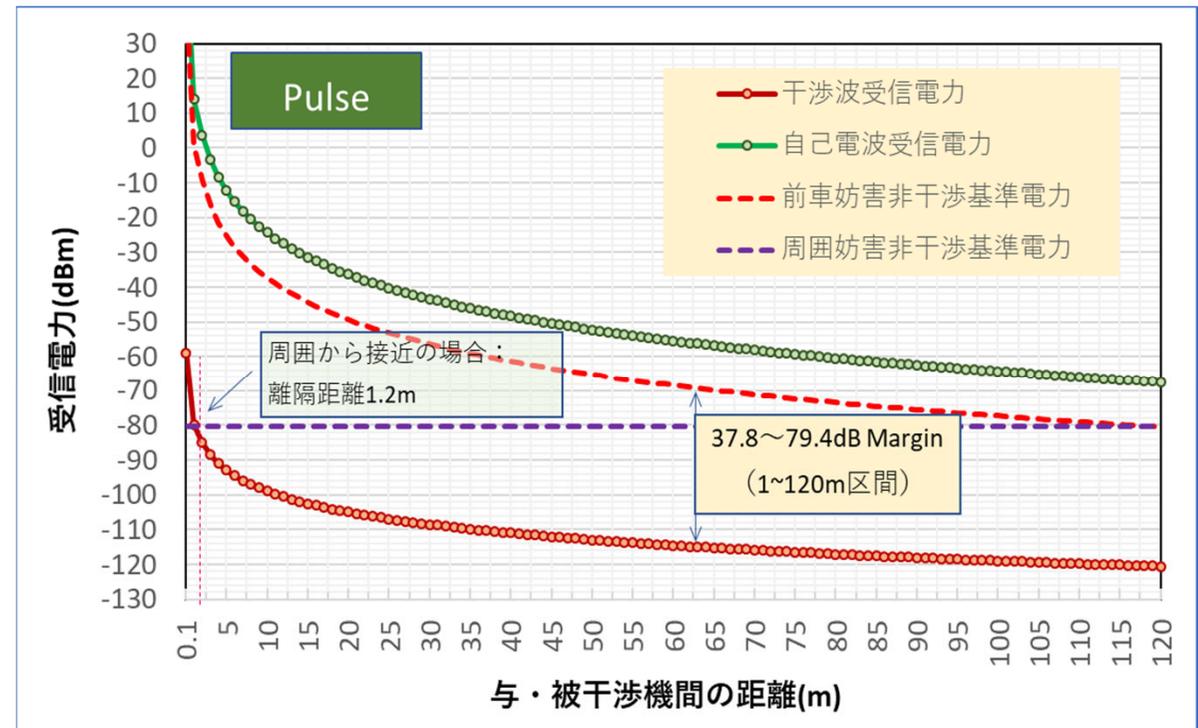


図7 車載レーダー干渉モデル
(前車搭載ミリ波機器が後方車載レーダーを妨害)

4.5) (屋外) ミリ波車載レーダー CNR基準 離隔距離

CNR基準離隔距離		
与干渉機器 の存在場所	前車搭載 (1~120m)	周囲から接近
Pulse方式 離隔距離 又は Margin	Margin 40~81.6dB	離隔距離 1.2m



- ミリ波車載レーダーのNF(10dB)と所要CNR(3dB)を考えると干渉電波受信電波電力は 車載レーダー自己電波の前車反射波受信電力より 13dB以上低い事が必要；又、車間距離は 最大120mとなる事を考慮する事が必要；
- 車載レーダーのアンテナ利得は 40dBiと高いため、Pulse方式のセンサーが 前車搭載時、後車のミリ波レーダーを妨害する事はない； 1~120mの区間では 40dB以上のMarginがある；
- 又、与干渉機は 前車搭載ではなく、車載ミリ波レーダーの真正面から接近する場合、車載ミリ波レーダーが前方120mの車を検知するため 与干渉機との離隔距離は 1.2m以上取る事が必要；
- 現実では走行中車の前方に1.2mまで接近する事はあり得ないので 共用可能と考えられる；

4.6) (屋外) 踏切障害物検知装置 CNR基準 離隔距離

与干渉機・被干渉機諸元

被干渉機器諸元	周波数	Fv	60.5	GHz
	波長	λ	0.00496	m
	空中線利得	Gt/Gr	28.5	dBi
	空中線半値角	θ_{-3dB}	H : 5.4/9.0 V : 2	deg
	空中線電力	PTv	10	dBm
	最大検知距離	R	25	m
	反射断面積	δ	0.001	m ²
	最小受信電力	Pm	-98.7	dBm/KHz
	雑音帯域幅	BWn	1	KHz
	変調帯域幅	OBW	300	MHz
	マージン	CNreq	3	dB

与干渉機器	周波数	Fi	60.5	GHz	
	波長	λ	0.00496	m	
	送信電力	PTi	10	dBm	瞬間最大値
	送信アンテナ利得	Gi	7	dBi	実装代表値
	EIRP 尖頭値	EIRPipk	17	dBm	最大値
	EIRP 平均値	EIRPiav	4.8	dBm	EIRP尖頭値の時間平均値
	占有帯域幅	BWi	1.1	GHz	最小値 (計算使用値)
	距離	Di	1~40	m	
	台数	N	3	台	

計算に使用した諸元_直接使用

計算に使用した諸元_間接使用

構成機器



送受信機

リフレクタ

論理部

主要計算式

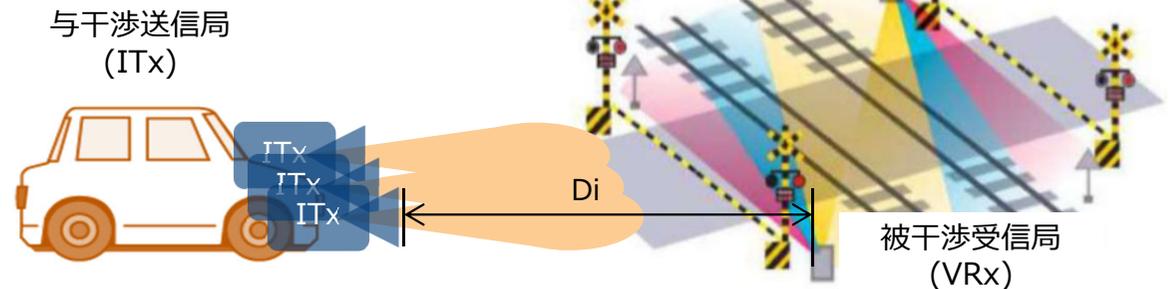
自己波受信 :

$$Pr = (\lambda^2 \cdot PTv \cdot Gt \cdot Gr \cdot \delta) / [(4\pi)^3 \cdot R^4 \cdot La \cdot Lr]$$

妨害波受信 :

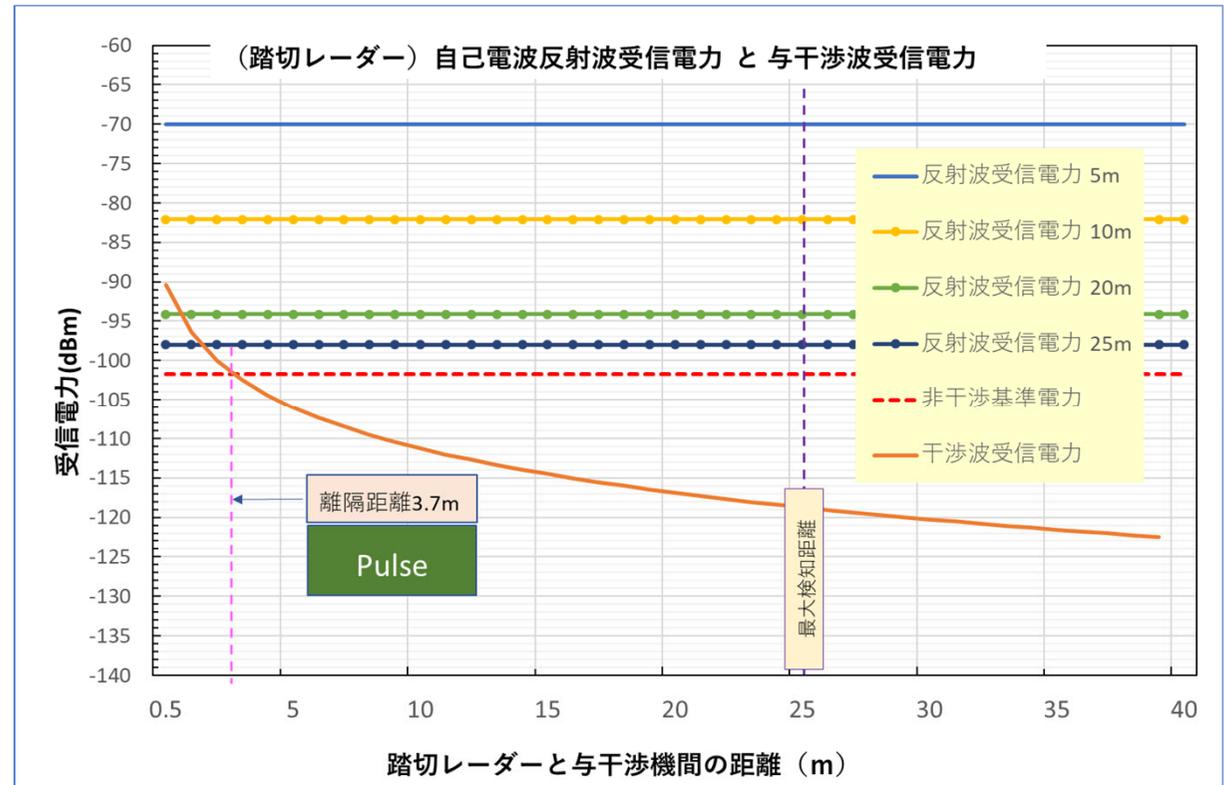
$$PRI = EIRPiav \cdot Gr \cdot (\lambda / 4\pi Di)^2 \cdot La \cdot Lr \cdot N \cdot BW / BWi$$

図8 ミリ波踏切障害物検知装置干渉モデル (車搭載ミリ波機器が踏切障害物検知装置を妨害)



4.6) (屋外) 踏切障害物検知装置 CNR基準離隔距離

CNR基準離隔距離	
踏切装置検知距離	25m
Pulse方式離隔距離	3.7 m



- ミリ波踏切レーダーの最小受信電力は -98.7dBmとなる ((受信帯域幅は 1KHz)) ;
- CNR \geq 3dBの基準では 被干渉基準電力は -101.7dBm となる ;
- 与干渉機 が 踏切レーダー受信機に接近すると 干渉波受信電力が 被干渉基準電力を超え、妨害が生じる事がある ; よって、妨害が生じないように離隔距離を取る必要がある ;
- Pulse方式では 離隔距離は 3.7m となる ;
- Pulse方式での計算では (3.3ms内の送信)Duty Cycleが 6%、周波数拡散帯域 1.1GHzを条件にしており、実装のDutyはもっとも短くなり、周波数拡散効果も増えるので 離隔距離が 更に比例的に短くなる ;

4. 共用検討結果__ ② 詳細

Part-2 帯域外システム

- 4.7) (屋外) 55GHz FPU回線 INR基準 離隔距離
- 4.8) (屋外) 地球探察衛星業務 許容台数計算
- 4.9) (屋外) 電波天文台 集合干渉電力基準 離隔距離

4.7) (屋外) 55GHz FPU回線 INR基準 離隔距離

与干渉機・被干渉機諸元

被干渉機器諸元	周波数	Fv	55.27	GHz
	送受信空中線利得	Gt/ Gr	35	dBi
	空中線半値角	θ_{-3dB}	3.3	deg
	空中線Main Lobe	θ_{ml}	8.5	deg
	受信帯域幅	BW	54.4	MHz
	受信帯域Offset	OVr	-15.99	dB
	大気吸収損失	La	5	dB/Km
	受信機雑音指数	NF	10	dB
	熱雑音電力	NVr	-86.47	dB
	許容INR	INR	-10	dB

与干渉機器	周波数	Fi	55.27	GHz	
	波長	λ	0.00543	m	
	送信電力密度	PTi	-30	dBm/MHz	小電力規格基準値
	送信空中線利得	Gi	3.0	dBi	Mismatchにより利得低下
	空中線半値角	θ_{i-3dB}	109	deg	周波数特性を反映
	空中線Main Lobe	$\theta_{i_{ml}}$	281.2	deg	
	台数	N	1	台	

帯域外では 小電力基準値規定放射電力を使う、然し、検知動作送信時だけ、妨害波を放射する。

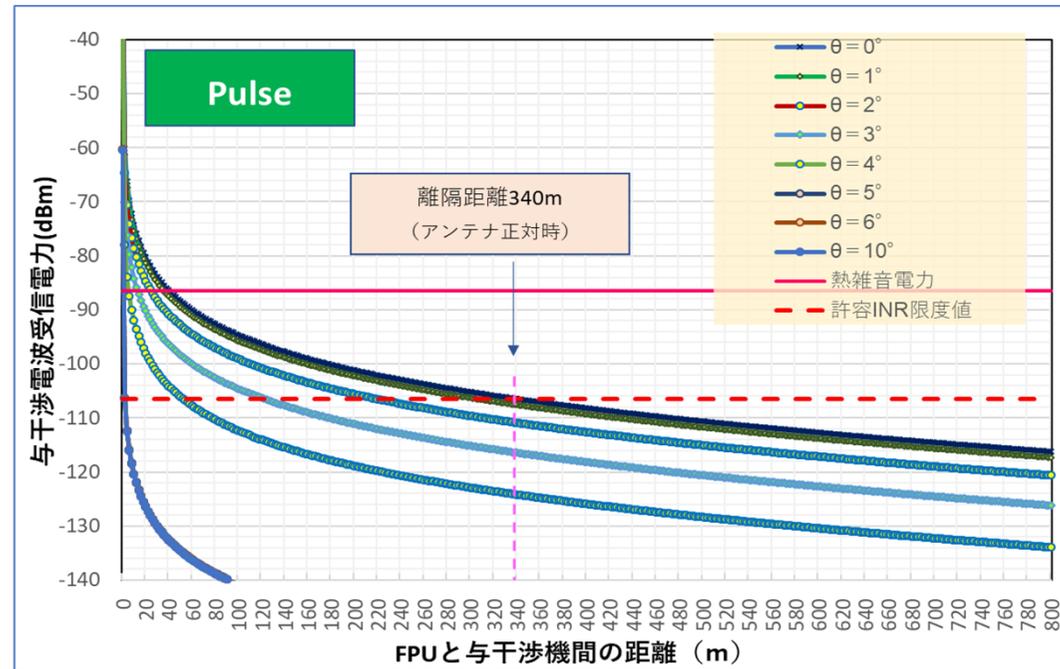
計算に使用した諸元__直接使用

計算に使用した諸元__間接使用

主要計算式

妨害波受信： $PRi = PTi \cdot GRi \cdot Gi \cdot (\lambda / 4\pi Di)^2 \cdot La(Di) \cdot Duty_tx$
 尚、GRi / Gi は 相対位置の角度から算出する。

4.7) 屋外 55GHz FPU回線 INR基準離隔距離



INR基準離隔距離 vs 対向角度

対向角度(deg)	0	1	2	3	4	5	6	10
Pulse方式離隔距離 (m)	340	306	220	124	54	2.1	2.1	2.1

- 55GHz FPU回線の離隔距離計算は INR<-20dB の基準で計算される； その基準電力は -106.47dBmとなる；
- FPU回線のアンテナビームが3.3°と狭いため、与・被干渉機のアンテナ対向関係で 与干渉電波の受信電力が大きく変わる；
- 与・被干渉機のアンテナが正対する場合、干渉波受信電力は一番大きくなり、必要は離隔距離は Pulse方式で**340m**となる； 然し、正対向きから 5度をずらせば、離隔距離が 6 m以下となる；
- 上記計算では 与干渉送信電力密度が -30dBm/MHzの「不要放射許容値」を使っていたが 実際の機器は これより 10~20dB低い値となり、離隔距離が 上記計算値の約 1/3~1/9まで 短くできる； 又、上記計算では 建物・人体の遮蔽効果などを考量していない；

4.8) (屋外) 地球探察衛星業務 許容台数計算

被干渉機諸元

被干渉機器諸元	受信空中線利得	Gr	dBi	51	57.29	令和元年度作業班報告書より引用
	衛星SSMIS CH	No.		6	24	
	受信周波数		GHz	57.29	60.793	米国軍事気象衛星 DMSP 5D-3 F19
	受信帯域幅	BW	MHz	330	106	
	SSMIS偏波面			RC	RC	
	地球上可視範囲	I FOV	Km ²	451.5 (26.55dBKm ²)		Foot-Print : 25.8Km x 17.5Km
	衛星軌道高度	H	Km	850		845~860.3Km
	衛星保護勧告	LMT	dBm/MHz	-159		-169dBW/100MHz

与干渉機諸元

与干渉機器諸元	評価周波数	Fi	GHz	57.29	60.793	
	送信電力 (瞬間最大)	PTi	dBm	10		
	送信電力密度 (瞬間値)	PSDo	dBm/MHz	-28.5	-28.5	
	送信制御Duty Cycle	Duty_s	%	10		3.3ms max. Per 33ms
	Pulse Duty Cycle	Duty_tx	%	6		3.3ms検知動作時
	送信空中線利得	Gi	dBi	7		実装典型値、IEEEモデル

計算に使用した諸元__直接使用

計算に使用した諸元__間接使用

計算に未使用諸元

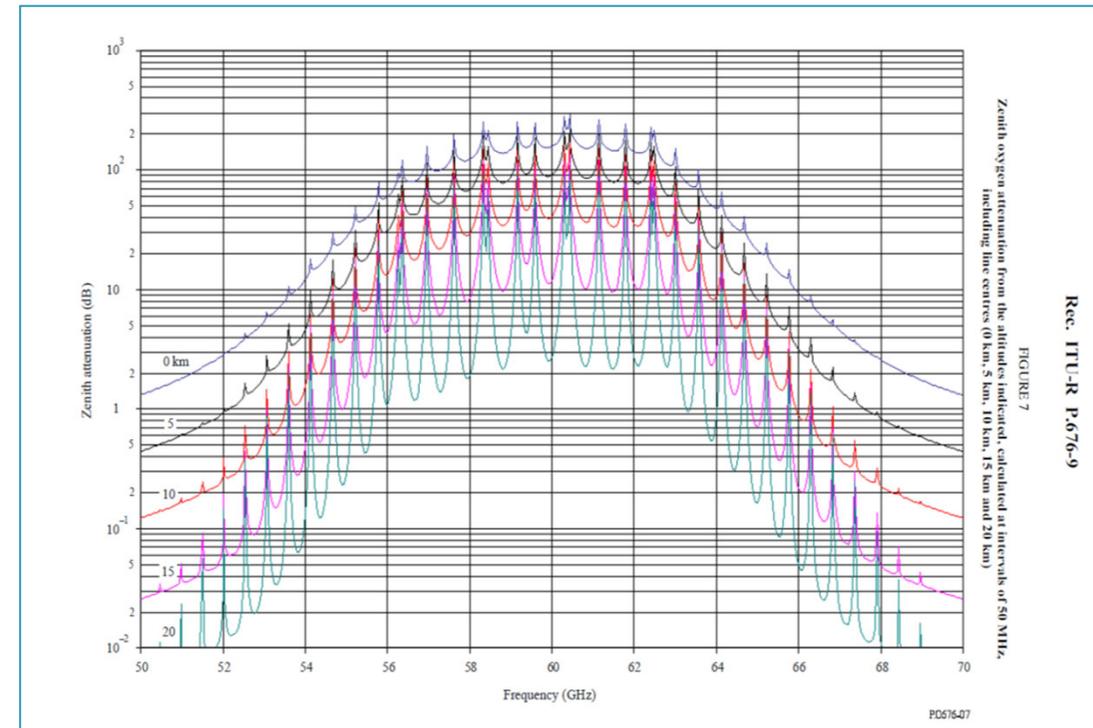
4.8) (屋外) 地球探察衛星業務 許容台数計算

評価周波数	RF(GHz)		57.29	60.793
干渉電波放射電力密度	PSDo(dBm/MHz)	A	-28.5	-28.5
衛星受信アンテナ利得	Gr(dBi)	B	51.0	57.3
与干渉送信アンテナ利得	Gi(dBi)	C	7	7
与干渉機送信時間制御によりDuty Cycle	Duty_sense(dB)	D1	-10	
与干渉機器動作Pulse Duty Cycle	Duty_tx(dB)	D2	-12.2	
天頂大気層減衰量	La(dB)	e1	-100	-150
電波伝播減衰 $20\log(\lambda/4\pi H)$	Lt(dB)	e2	-186.2	-186.7
与干渉信号総合伝送損失 (La+Lt)	L(dB)	E3=e1+e2	-286.2	-336.7
与干渉機一台からの受信電力密度	PSDRi(dBm/MHz)	F=A+B+C+D1+D2+E	-278.9	-323.1
衛星保護電力密度	LMT (dBm/MHz)	G	-159	
衛星Footprint (平方Km、dB)	S(dBKm)	H	26.55	
単位面積許容同時動作台数限度値 $10\log(N)$	N(dB)	I=G-F-H	93.3	137.5
単位面積許容同時動作台数限度値	N(台数/Km ²)	J=10 ^{^(I/10)}	2.15E+09	5.68E+13
与干渉機器の日本全国保有許容台数	Njp(億台)	L=K * 93434	2.00E+06	5.30E+10

4.8) (屋外) 地球探察衛星業務 許容台数計算

	日本全国許容台数	
評価周波数(GHz)	57.29	60.793
天頂大気層減衰量 (dB)	-100	-150
Pulse方式 許容台数 (億台)	2.00E+06	5.30E+10

(参考) 日本の土地状況		
	面積 (Km ²)	
山地	230331	
丘陵地	44337	
台地	41471	A
低地	51963	B
内水域等	9232	
合計	377334	
センサ-設置 可能エリア	93434	A+B



- 60GHz周波数帯では 天頂大気減衰周波数によって激しく変化する；
- 57.29GHzでの天頂大気減衰が60.79.3GHzより少ないため、許容台数が少ない；
- 日本の土地事情から センサ-設置可能エリア面積は 93434 Km²となる；
- 上記条件では 算出した日本全国で許容できる台数は 200万億台となる； 膨大な数字となり、大規模普及に全く問題ないと考えられる；

4.9) (屋外) 電波天文 集合干渉電力基準 離隔距離

与干渉機・被干渉機諸元

被干渉機器諸元	周波数	Fv	76.5	115	GHz	
	周波数範囲	Fh_Fl	76-77.5	94.1-116	GHz	
	大気吸収損失	La	0.13	0.31	dB/Km	
	人体・物体遮蔽効果	Ls	3	3	dB	
	都市構造により遮蔽効果	Lcity	10.16	10.16	dB	10Km以上の距離で適応
	保護基準	LMT	-196.5	-198	dBm/MHz	
	アンテナ直径	D	45.0	45.0	m	
	受信空中線利得	G0	90	93	dBi	
	空中線半値角	θ_{-3dB}	0.0061	0.0041	deg	
	空中線Main Lobe	θ_{ml}	0.02	0.01	deg	
	空中線Side Lobe利得	Gr	-12.45	-12.46	dBi	

与干渉機器諸元	周波数	Fi	76.5	115	GHz	Note
	波長	λ	0.00392	0.00261	m	
	送信電力密度	PSDi	-30	-30	dBm/MHz	帯域外不要放射
	送信空中線利得	Gi	-10.0	-10.0	dBi	不要放射の漏れ波により放射
	送信時間制御	Duty_sense	10.0	10.0	%	3.3ms/33ms以下
	Duty Circle	Duty_tx	6.00	6.00	%	3.3ms 検知動作時間内
	一日中の動作時間	Duty_day	1.00	1.00	時間	一日60分の動作と想定、実場面では 数分

主要計算式

$$\text{妨害波受信: } \text{Pri} = \text{PTi} \cdot \text{Gi} \cdot \text{Gr} \cdot (\lambda / 4\pi \text{Di})^2 \cdot \text{La}(\text{Di}) \cdot \text{Ls} \cdot \text{Duty_sense} \cdot \text{Duty_tx} \cdot (\text{Duty_day}/24)$$

計算に使用した諸元__直接使用

計算に使用した諸元__間接使用

4.9) (屋外) 電波天文 集合干渉電力基準 離隔距離

計算方法： 令和元年度作業班の方法を流用（アグリゲートモデル及び干渉軽減モデル）

方位 →		南西		北東	
距離範囲	(Km)	10	10~30	10	10~30
距離範囲境界	(Km)	10	30	10	30
該リングエリア内総人口	人	24234	465420	10826	208698
リングエリア内人口密度	人/Km2	154.3	370.4	68.9	166.1
該方位・該距離エリア内の総人数	人	24234	489654	10826	219524
全方位リングエリア内の総人数	人	35060	674118		
該地域人口当たりの乗用車所有数	台/人	0.726			
全方位リングエリア内の車台数	台	25454	489410	全車キックセンサーと乗員検知センサーを計 2 台 搭載；	
30Km エリア内集合干渉電力	(dBm/MHz)	-186.8	-190.9		
所要マージン	dB	-9.726	-7.149		

時間軸に於ける干渉軽減モデル		
デバイスの一日利用時間	0.91時間 (Duty_day=0.91/24)	
人体・物体遮蔽に於ける干渉軽減モデル		
全てのセンサーの集合平均	3dB	
電波天文受信設備からの距離に於ける干渉軽減モデル		
都市構造による遮蔽損失	電波天文受信アンテナからの距離	
	< 10Km	適応なし
	>=10Km	10.16dB *

国立天文台野辺山宇宙電波観測所 45m電波望遠鏡所在地（長野県南佐久郡）の事情				
人口	23653			
面積	767.42			
人口密度	30.8 / Km2			
乗用車登録数 *	普通	小型	軽四輪	合計
	5320	5544	6305	17169
人口当たり乗用車所有数	0.726台 / 人			

* 60GHz パルス方式は 離隔距離が 10Km以内であるため、適応なし；

* 北陸信越運輸局 運輸支局 松本自動車検査登録事務所
https://www.tb.mlit.go.jp/hokushin/nagano/pdf/h30_shichoson_hoyu.pdf

4.9) (屋外) 電波天文 集合干渉電力基準 離隔距離

ミリ波センサーの1日動作時間試算 (時間に於ける軽減モデル)

- ・ミリ波センサーは 車室内の乗員検知用途と Kick Sensorの用途を想定；
- ・乗員検知の場合、走行中のBelt-Reminderと 停車後の子供置き去り防止の動作モードがある；
- ・走行中、停車後、いずれも車の窓が全開、全ての妨害波が外へ漏れる事を 計算条件とする；
- ・Kick Sensorの動作としてドライバーが 車の10m範囲内に入る時動作し、走行中動作しない事を 計算条件とする；

車の使用状況に関する基礎Data				
A	平均使用頻度		0.714	回/日 平均使用頻度 5日/週； (法) 日本自動車工業会 乗用車市場動向調査 ①
B	平均年間走行距離	D_Car	6316	Km ソニー損保 2019年全国カーライフ実態調査、然し、年々減少の傾向 ②
C	日本の乗用車平均走行速度	S_Car	37.4	Km/H 一般国道、2010年； (法) 日本交通政策研究会 統計・資料 自動車交通研究2014 P85 ③
D	車使用日の平均走行使用時間	T_drive	0.463	h C=A/B/365
E	一日走行回数	N_use	2.143	回 = A × (2 + 2 × 1/2)； 車使用日：出勤に往復2回使用； 買い物に 往復計2回使用； 但し、買い物は2日1回の頻度；
乗員検知動作時間				
F	乗員検知動作時間	T_presence	0.33048	h/日 = A × D
置き去り検知動作時間				
G	毎日置き去り使用	T_baby	0.3571	h = E × 10/60； システム仕様、乗用車使用后、エンジンを切ってから10分間検知動作；
一日当たりのKick Sensor使用時間				
H	歩行速度	S_walk	5000	m/h 車へ接近、離れる時の歩行速度；
J	Kick Sensor動作範囲	R_sensor	10	m システム規定； 10m範囲に入ったら、Kick Sensorが動作準備；
K	車へ接近・離れるに必要な時間	T_in range	0.002	h K = J / H
M	キック、荷物入れ、下す時間	T_sensor	0.05	h 荷物の搬入、搬出時間にそれぞれ 凡そ3分が掛かる
N	一日当たりKick Sensorの動作時間	T_kick	0.223	h N = E × 2 × (H + J)
一日中のセンサー動作時間		T_day	0.910	h 一日中のセンサー動作時間 = F + G + N

① http://www.jama.or.jp/lib/invest_analysis/pdf/2017PassengerCars.pdf

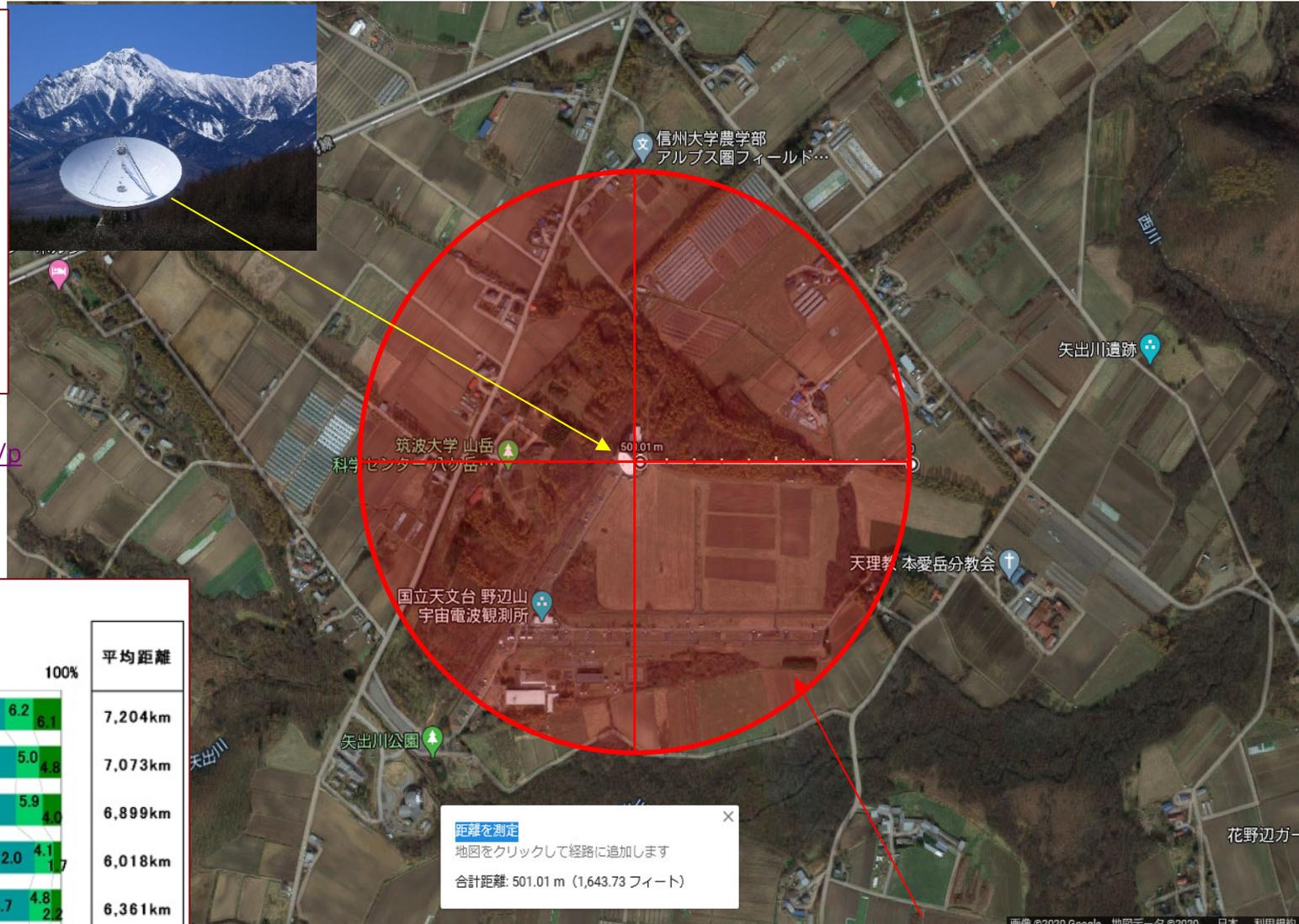
② https://from.sonysonpo.co.jp/topics/pr/2019/11/20191128_01.html

③ http://www.nikkoken.or.jp/pdf/publication/2014j/2014j_80.pdf

(参考資料) Nobeyama Radio Observatory

主運転者の一週間当り使用頻度【A】

	使用頻度 (%)					平均 (日)
	0-1日	2-3日	4-5日	6日	7日	
2005	8	21	19	14	39	5.0
2007	7	20	19	13	41	5.0
2009	9	19	18	13	41	5.0
2011	9	19	17	14	41	5.0
2013	7	21	17	13	43	5.1
2015	9	20	19	14	38	4.9
2017	9	21	18	12	41	5.0



① http://www.jama.or.jp/lib/invest_analysis/pdf/2017PassengerCars.pdf

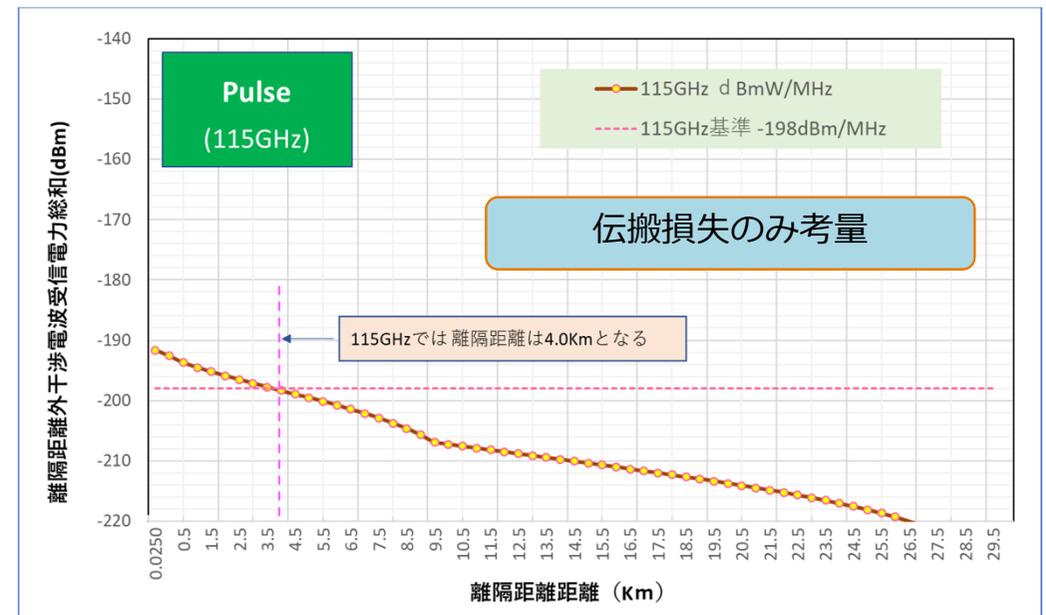
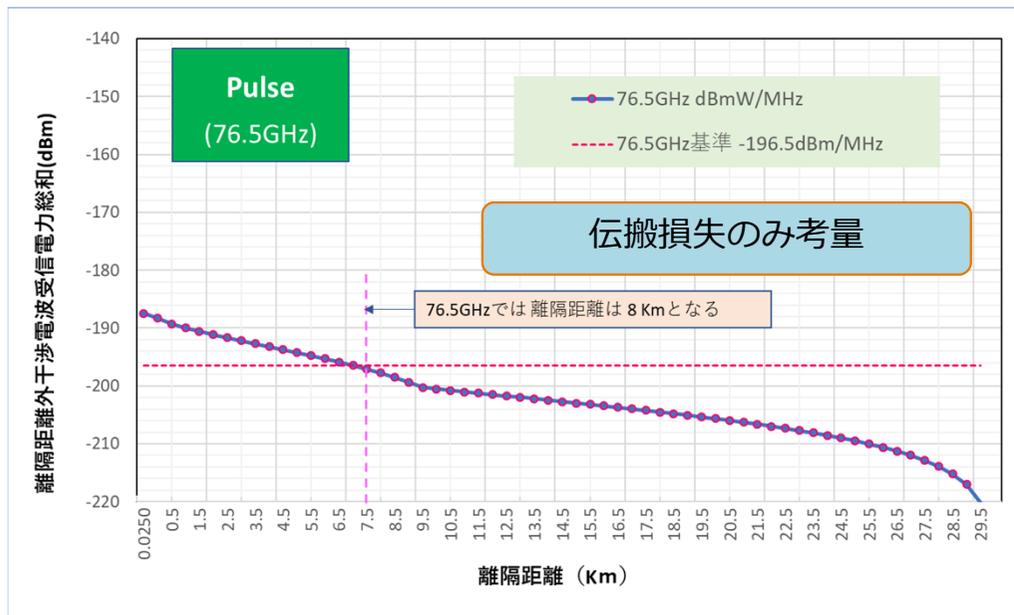
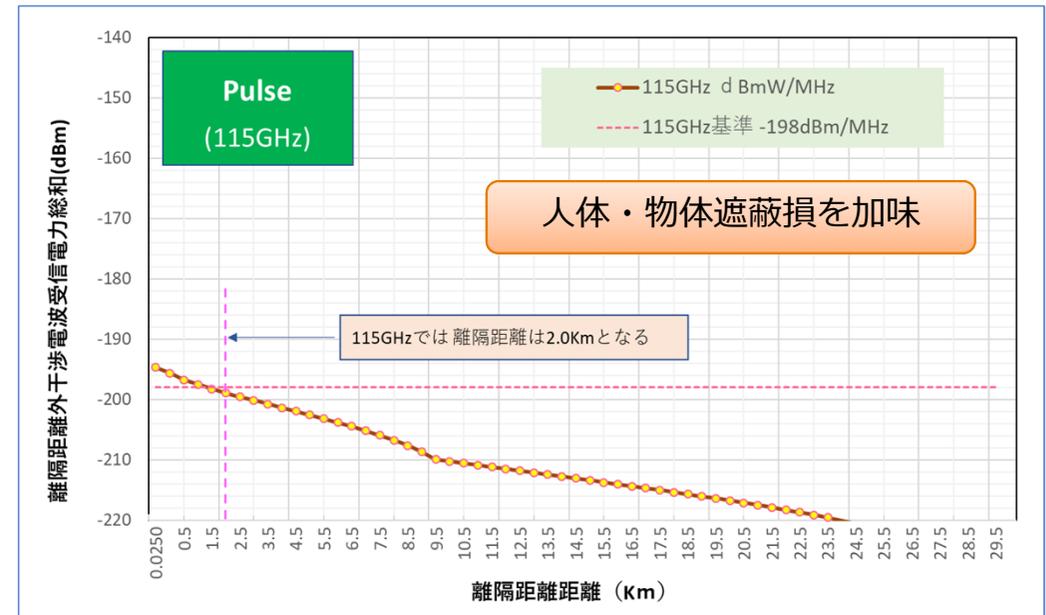
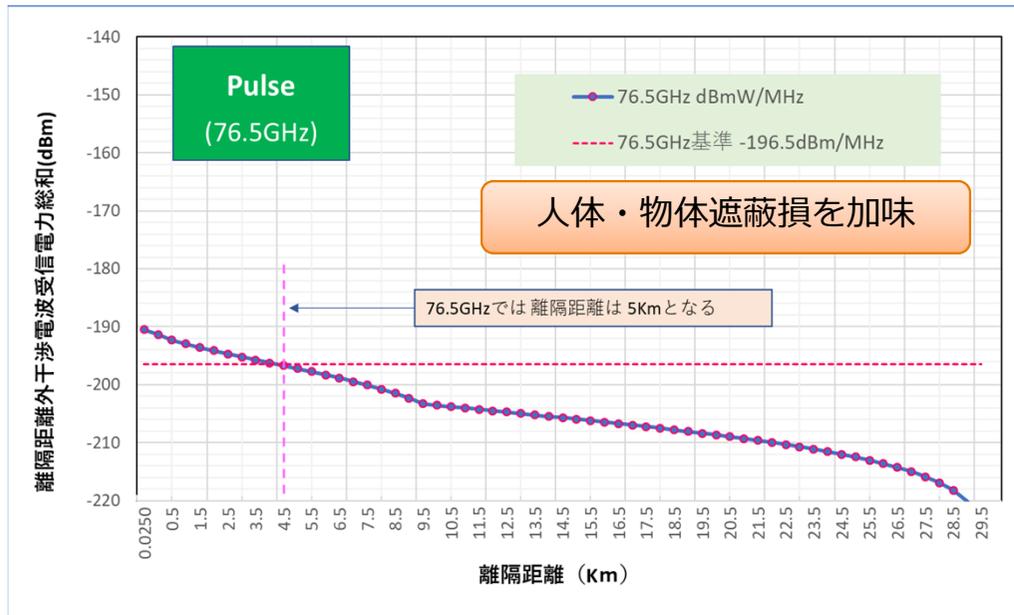
◆年間の走行距離
【2014年～2019年：経年比較】
※単一回答形式

	0%	25%	50%	75%	100%	平均距離	
2014年調査 【n=1000】	10.3	26.5	20.4	15.1	15.4	6.2	7,204km
2015年調査 【n=1000】	7.6	27.1	24.7	14.4	16.4	5.0	7,073km
2016年調査 【n=1000】	9.9	28.6	21.2	14.6	15.8	5.9	6,899km
2017年調査 【n=1000】	15.0	33.5	19.3	14.4	12.0	4.1	6,018km
2018年調査 【n=1000】	13.8	29.2	20.6	15.7	13.7	4.8	6,361km
2019年調査 【n=1000】	13.8	31.4	18.8	14.4	15.2	4.0	6,316km

半径500mエリア内に少数の公共施設；
半径250m内は ほぼ国立天文台の施設のみ；

② https://from.sonysonpo.co.jp/topics/pr/2019/11/20191128_01.html

4.9) (屋外) 電波天文 集合干渉電力基準 離隔距離



4.9) (屋外) 電波天文 集合干渉電力基準 離隔距離

送信出力 (帯域外)	所要離隔距離 (Km)			
	伝送損失のみ考慮		人体・物体遮蔽損を加味	
	76.5GHz帯	115GHz帯	76.5GHz帯	115GHz帯
-30dBm/MHz	8.0	4.0	5.0	2.0
-40dBm/MHz	< 0.250	<0.250	<0.250	<0.250

送信出力 (帯域外)	30Km範囲内の集合干渉電力 (人体・物体遮蔽損を加味)			
	76.5GHz帯		115GHz帯	
	集合干渉電力 (dBm/MHz)	所要改善マージン (dB)	集合干渉電力 (dBm/MHz)	所要改善マージン (dB)
-30dBm/MHz	-189.8	-6.73	-193.9	-4.15
-40dBm/MHz	-199.8	3.27	-203.9	5.85

- 電波天文の検討周波数は 76.5GHzと 115GHzとなり、与干渉機動作周波数の 60GHzと 離れている為、電波天文受信装置に影響するのは帯域外不要放射となる；又、該周波数は 与干渉機の設計周波数と大きく離れるため、電波は 漏れ波の形で放射され、アンテナの利得は -10dBi程度と想定できる；
- 与干渉機一日の使用時間は 0.91H程度と算出しており、大量使用の場合、時間平均集合電力の考え方が妥当と考えられる；平均要素として省令規定の送信時間制御（33ms当たりの送信時間総和が 3.3ms以下、Duty 10%相当）、一日中動作時間 0.91時間の要素などを考慮できる；
- 上記条件で計算した結果：物体遮蔽損を加味した Pulse方式離隔距離は **76.5GHz で 5.0Km、115GHz 2Km** となる；
- 尚、上記計算は一定の仮定の下に実施した例であるが、ミリ波センサーシステムの実際の利用形態や使用技術などを考慮すると、更なる干渉電力の緩和が見込める。今回の計算は、全ての車がセンサーを搭載、走行中車の窓が全開して電波が外へ放射、車を使用する度に荷物の積み下ろしを行うなど、極端な前提としている。現実的は 車室内のセンサーが窓を通して外へ放射時 20dB以上減衰し、帯域外の不要放射も 76.5GHzと115GHzでは -30dB/MHzより 10~20dB低くなるため、-40dBm/MHzの場合の計算計算と同等あるいはそれ以下の妨害電力となる。よって、離隔距離は 250m程あれば十分であり、電波天文台のエリア内の運用制限により十分両立可能と考えられる。

4.10) (実証試験)パルスセンサー同士の共存性

実機試験進行中

4.11) (実証試験) FMCWセンサーからパルスセンサーへの影響

実機試験準備中

4.12) (実証試験) パルスセンサーからFMCWセンサーへの影響

実機試験準備中

以上