

資料60作6-3

パルス変調方式の広帯域センサー概要

アルプスアルパイン株式会社

ALPSALPINE

目次

1. パルス方式の位置付け
 - ① 現行規則でできる事、できない事
 - ② FMCWと比べて優位・有効な点
2. パルス方式とFMCW方式との比較
 - ① 現行規則への適応状況比較
 - ② 時間軸上の比較
 - ③ 周波数軸上の比較
 - ④ 電波実測値の比較
3. 60GHz電波法の各国の制度
 - ① 海外諸国
 - ② 日本

1. パルス方式の位置付け

① 現行規則でできる事とできない事

現行規則(13dBm尖頭値)で、パルス方式により想定ユースケースの実現性は下記表となる：

ユースケース	システム要件			現行規則での 検知距離(m)	現行規則で 実現性判断 (可/否)
	検知距離 (m)	分解能(mm)	帯域幅(GHz)		
キックセンサー	0.8	30	1.1	0.85	可
車室内乗員検知	1.2	6	4.5	0.75	否
ジェスチャー入力	0.3	3	7	0.35	可
独居老人見守り	2.5	6	4.5	0.75	否
車周囲障害物検知	2.5	20	2	1.3	否

② FMCW方式と比べて優位・有効な点

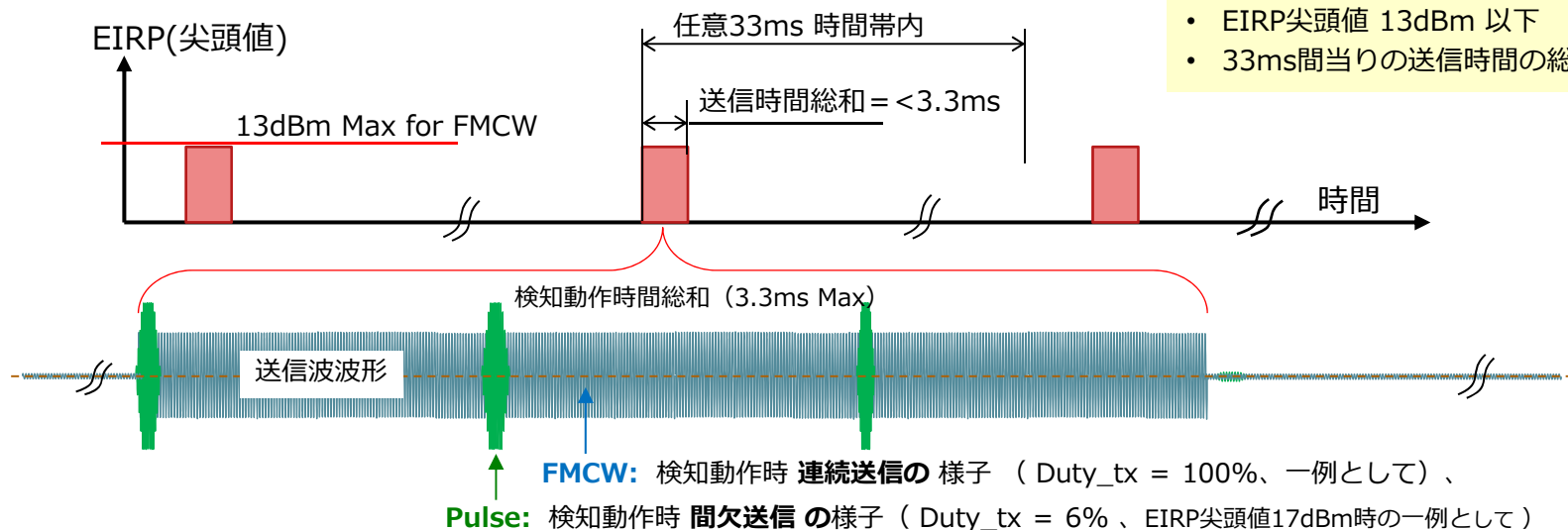
方式	測定精度	探知距離	消費電力	多センサー 共存性	他システム との共存性	総合的な位置付け・適応性
FMCW	高	長	高	△	△	(適応) 長距離、高精度、且つ、両立が必要な応用に適応する 例：ADAS系車載レーダー (不適応) 低消費電力応用 例：車の車室内進入検知
Pulse	高	短	低	○	○	(適応) 近距離、高精度、長期動作応用 例：車の車室内防犯センサー (不適応) 長距離高精度応用 例：2m以上の高精度距離探知
説明	OBWが同じ場合、ほぼ同様の測定精度が得られる	同じ尖頭電力の場合、Pulseの平均電力が低いため測定距離が短い	Pulse方式は間欠動作のため、省電力特性に優れている	FMCWセンサーが狭空間で同時多数で動作すると、Beat干渉が起きる	Pulse方式は間欠動作、且つ、電力密度が低いため、他システムとの共存性に優れる	Pulse方式の優位性は低消費電力、多センサーの共存性、他システムとの共存性にある。弱点は探知距離が短い点である。

2. パルス方式とFMCW方式との比較

① 現行規則への適応状況比較

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



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) 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 (時間総和 3.3ms max) : 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

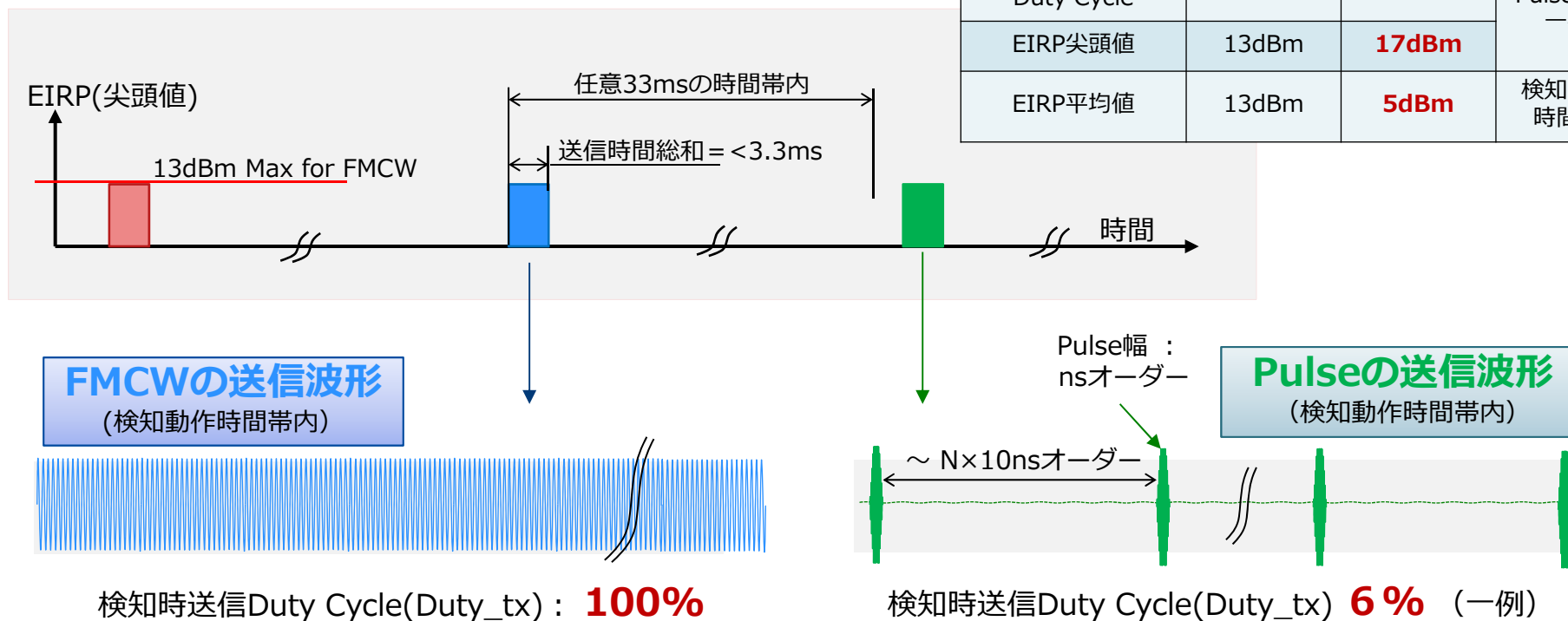
要点:

1. 送信制御時間 (適応) : 33ms当りに、FMCW/Pulse 共に送信時間総和 が3.3ms以下
2. EIRP尖頭値 (不適応) : FMCW 13dBm、Pulse 17dBm想定 (適応しない)
3. EIRP平均値 (規定無し、Pulseが低いと想定) FMCW 13dBm、Pulse 5dBm ; Pulseは 8dB低い
4. 検知時の送信Duty Cycle (Duty_tx) : FMCWは 100%、Pulseは 6% (一例)
5. Pulse送信波形は FMCW波形の 6% だけを残したものに概ね一致

2. パルス方式とFMCW方式との比較

② 時間軸 (Time Domain)上の比較

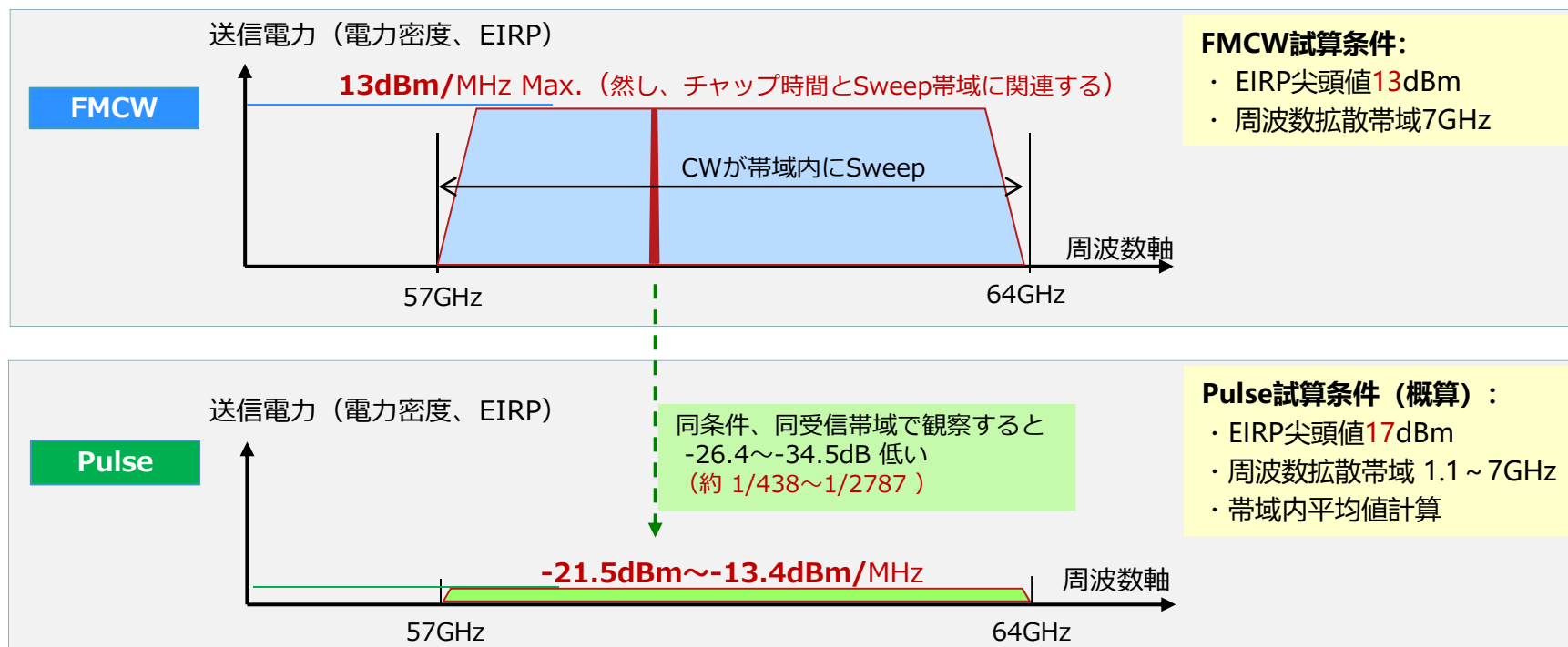
	FMCW	Pulse	Note
任意33ms内の検知動作時間総和	3.3ms以下	3.3ms以下	同様
検知時送信 Duty Cycle	100%	6%	Pulse方式一例
EIRP尖頭値	13dBm	17dBm	
EIRP平均値	13dBm	5dBm	検知動作時間内



- 検知動作時間内、FMCWが100%のDuty_txで連続送信する。
Pulseは(一例として)6%のDuty_txで間欠送信する。
- Pulse方式は電波を放出する時間が非常に短い事(nsオーダー)、平均送信電力が低い事と瞬間的にも周波数が拡散されている事から他システムへの与干渉特性レベルは極めて低い。

2. パルス方式とFMCW方式との比較

③ 周波数軸 (Frequency Domain) 上の比較

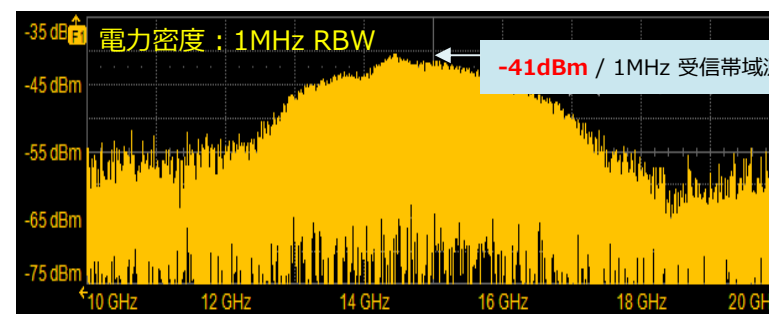
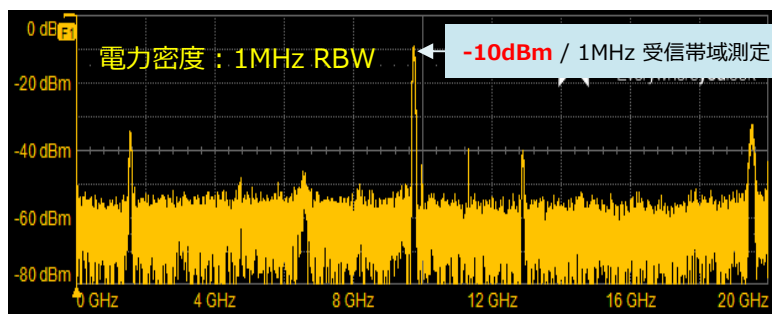
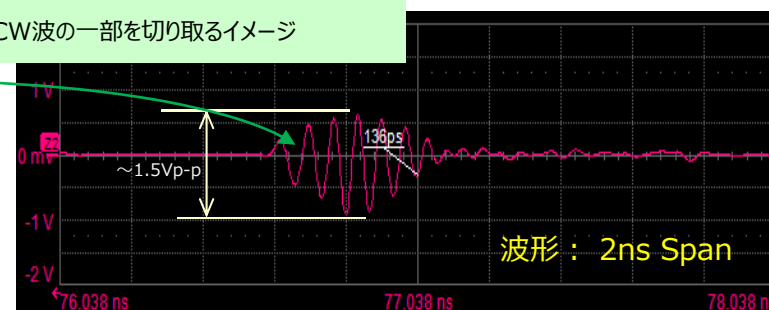
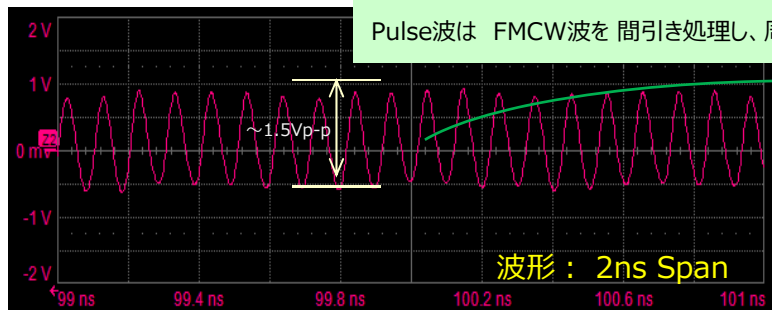
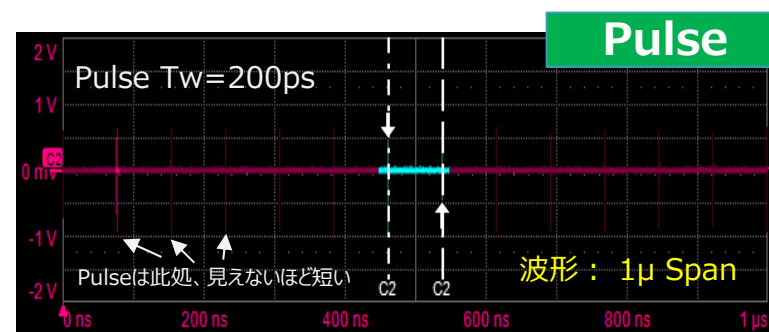
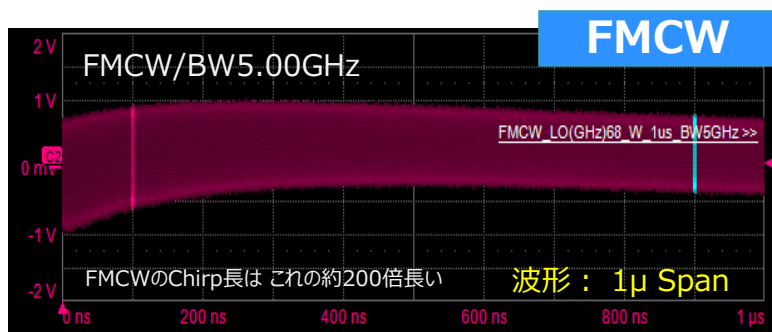


- ・ FMCW方式は 瞬間的にCW信号である。所定帯域内に 一定の期間を周期に、一定の電力 (13dBm)で繰り返し遷移する。任意時間で観察しても周波数拡散効果はないが、特定周波数で定点観察すると 時間平均観点での電力低減効果がある。
- ・ Pulse方式は 極めて短時間に電波を放出し、瞬間的に周波数軸上で電力が広く拡散され、電力密度は常時極めて低い状態である。任意時間での電力密度は -13.4~ -21.5 dBm/MHz (拡散帯域内平均値、1 μ s観察) と極めて低い。
- ・ 任意周波数での 電力密度最大値は Pulse方式が FMCW方式より -26.4dB以上低い。他システムへの干渉が少ない。

2. パルス方式とFMCW方式との比較

④ 電波実測値 (Waveform & Spectrum)の比較

- Time Span : 1 μ s、
- Resolution BW : 1MHz相当 ;
- FMCWとPulse を 同条件で測定



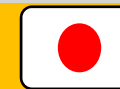
3. 60GHz電波法の各国の制度

① 海外諸国

		米国			欧州		韓国	中国
規則・勧告		FCC 47CFR §15.525	FCC 47CFR §15.525	FCC DA18-1308	REC70-03 Annex 1 Band n1	REC70-03 Annex 1 Band n2	科学技術情報通信部 告示2018-90号	YD/T 2722-2014
カテゴリ		Fixed field disturbance sensors & Interactive Motion Sensor	Fixed field disturbance sensors	Waiver for Google Soli	非特定SRD	非特定SRD	UWB及び未指定の無線機器	(用途未指定)
技術規格等					EN305 550	EN305 550		GB9254-2008
周波数		57-71GHz	61-61.5GHz	57-64GHz	57-64GHz	61-61.5GHz	57-66GHz	59-64GHz
空中線電力	平均				10dBm	10dBm		
	尖頭	-10dBm		10dBm			27dBm (無指向性アンテナ 20dBm)	10dBm
PSD	平均				13dBm/MHz (EIRP)	No Limit		
	尖頭			13dBm/MHz (EIRP)			13dBm / MHz	
空中線利得							16dBi以下	
EIRP	平均		40dBm		20dBm	20dBm		44dBm
	尖頭	10dBm	43dBm	13dBm			43dBm	47dBm
変調方式		規定しない	規定しない	FMCW	規定しない	規定しない	規定しない	規定しない
OBW	上限		500MHz					
	下限							
送信時間制御				Duty Cycle <10% in 33ms				
その他				日本2020.1.30 省令とほぼ同じ内容				

3. 60GHz電波法の各国の制度

② 日本



		日本	日本	日本	日本	共有検討条件
規則・勧告				2020.01.30 告示・省令	2020.01.30 告示・省令	
カテゴリ		ミリ波レーダー	小電力データ通信	移動体検知センサー (キャリアセンスあり)	移動体検知センサー (キャリアセンス無し)	移動体検知センサー (キャリアセンス無し)
技術規格等			キャリアセンス	キャリアセンス		
周波数		60-61GHz	57-66GHz	57-66GHz	57-64GHz	57-64GHz
空中線 電力	平均	10dBm*	10dBm* 10-24dBm*	10-24dBm*	10dBm	0dBm
	尖頭					10dBm
PSD	平均					
	尖頭					
空中線利得		40dBi		> 10dBi		
EIRP	平均		40dBm*	40dBm*	13dBm	5dBm
	尖頭					17dBm
変調方式		規定しない	規定しない	規定しない	FMCW	パルス方式
OBW	上限	500MHz	9GHz	9GHz	7GHz	7GHz
	下限					
送信時間制御		規定しない	規定しない	規定しない	33ms間当りの送信時間の 総和が 3.3ms以下	33ms間当りの送信時間の 総和が 3.3ms以下
その他			キャリアセンス	キャリアセンス		

* 型式により、平均・尖頭値の適応が決定

以上