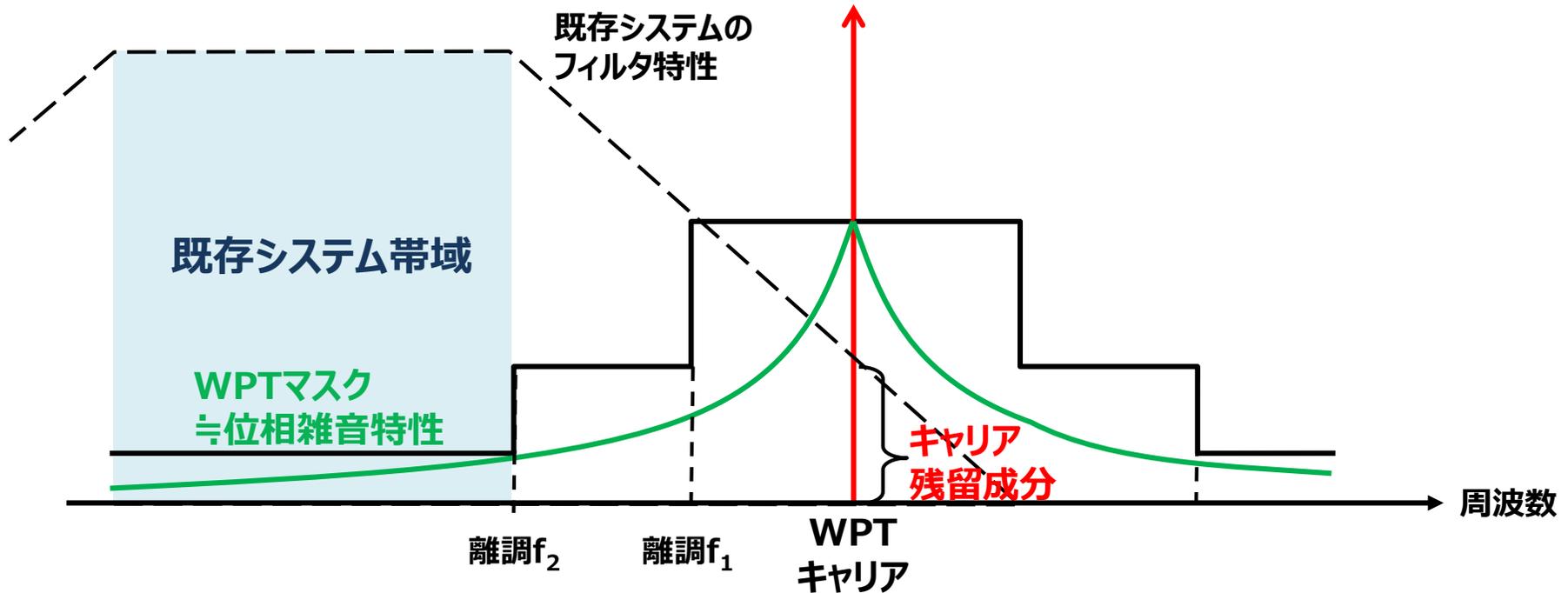


5.7GHz帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム の共用検討状況

2019.5.23

ブロードバンドワイヤレスフォーラム (BWF)

- WPTから既存システムに与える影響
- 5.7GHz帯スペクトラムマスク案
- 共用検討システムの諸元案および離隔距離案
- 壁・天井設置による減衰検討
- 共存検討案
 - DSRC
 - ロボット無線
 - 電波天文
 - アマチュア無線
 - 無線LAN

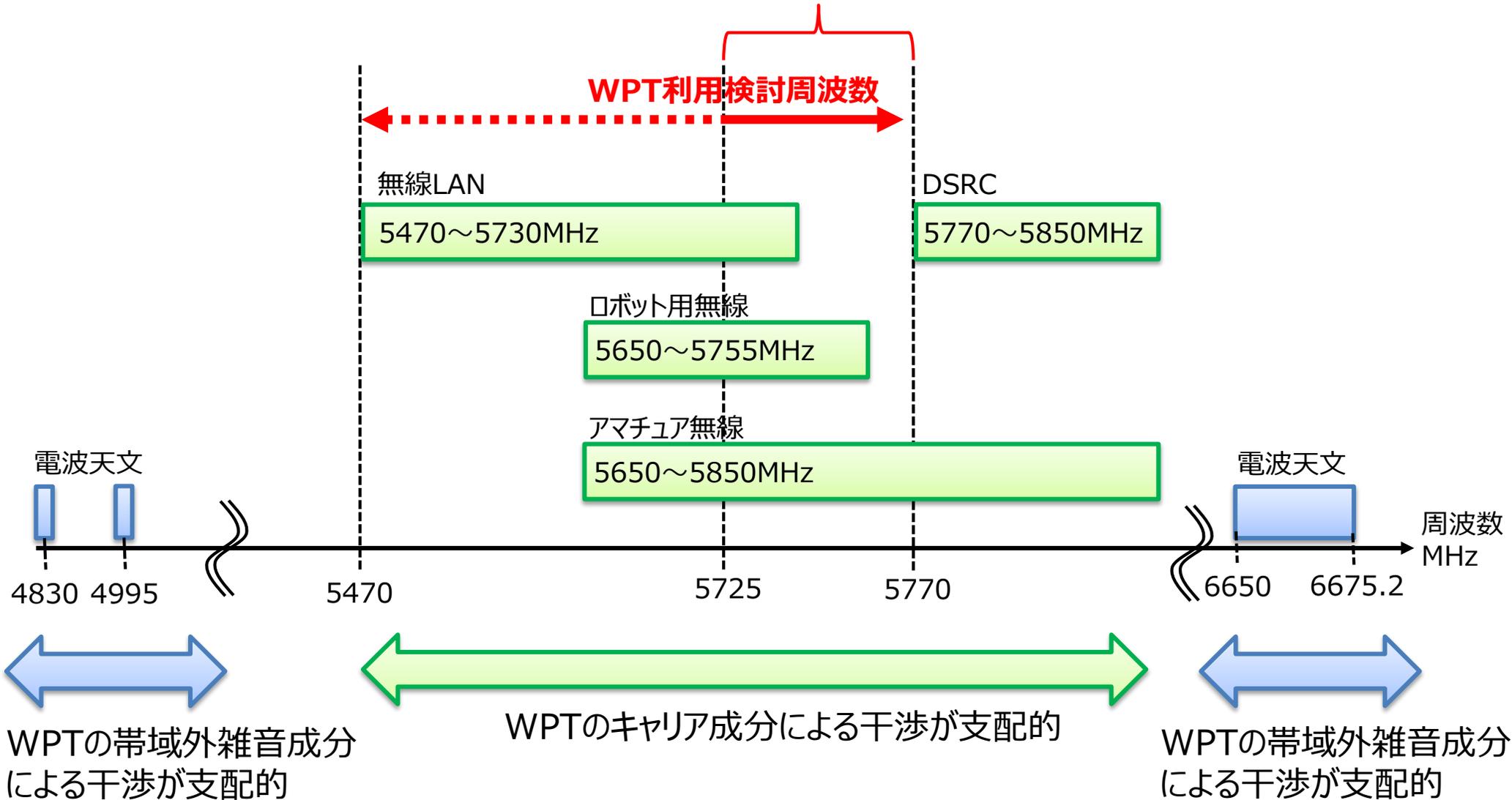


- **WPTの送電はCWが前提**
 - 帯域外雑音は位相雑音が支配的
- **WPTの給電信号大**
 - 既存システム端末の妨害波耐性仕様・フィルタ特性を勘案した残留成分考慮

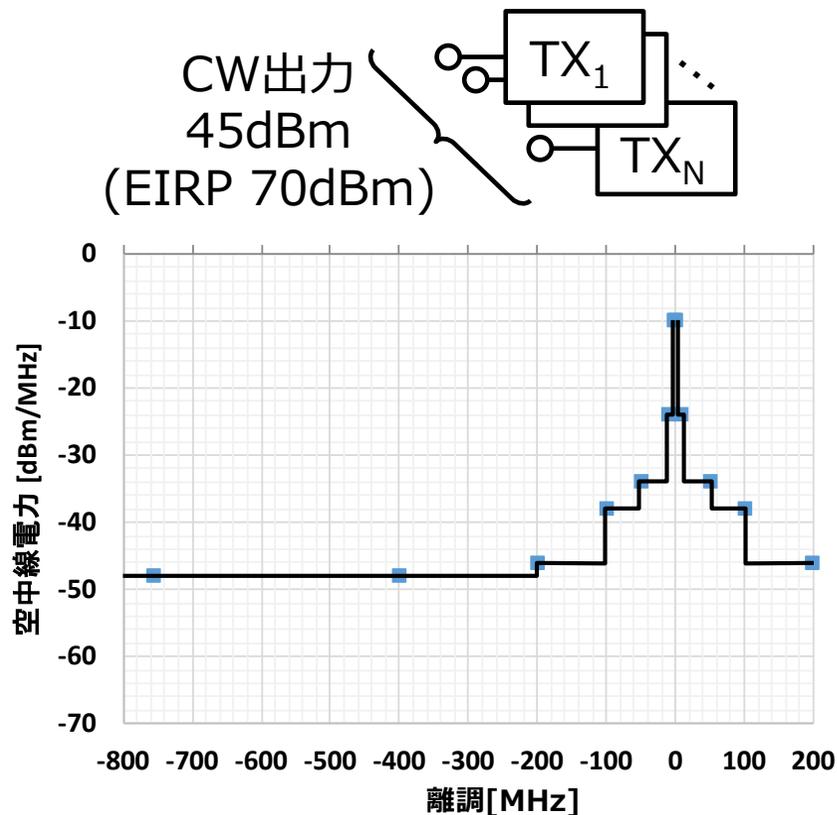
帯域外雑音・キャリア成分両者にて共存検討実施

WPTから既存システムに与える影響(2/2)

基本的にはISMバンド下限 ~ DSRC下限周波数帯利用を想定



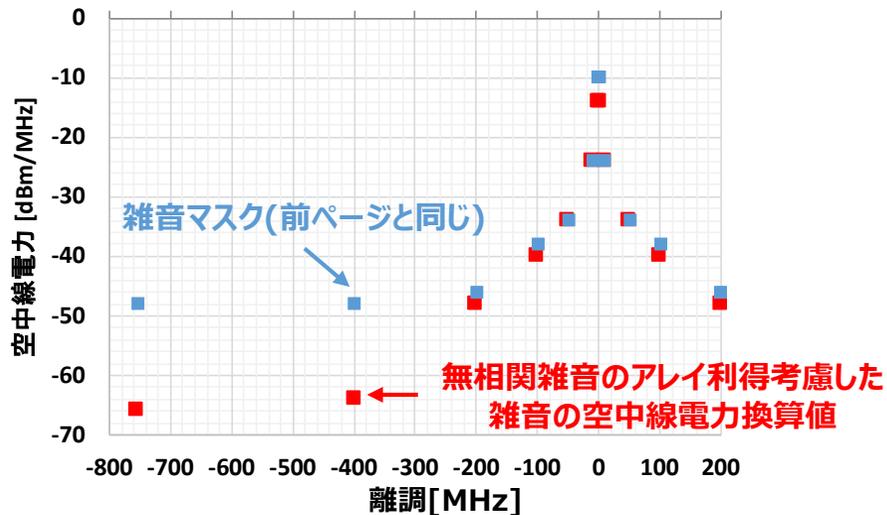
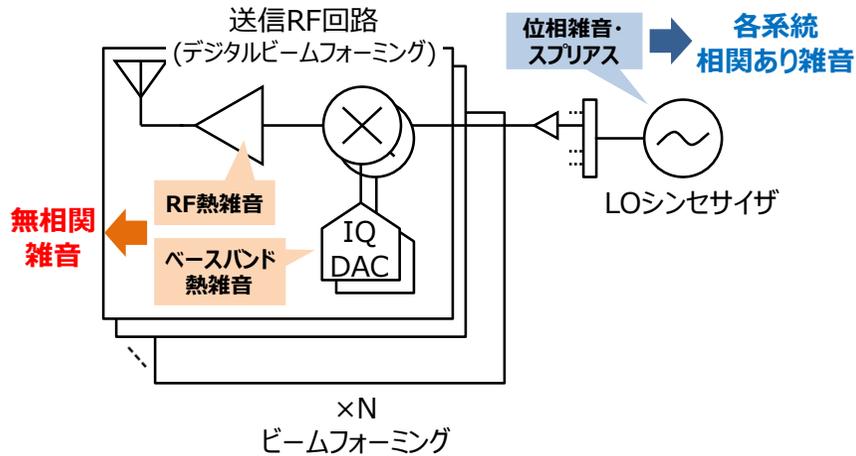
5.7GHz帯スペクトラムマスク(案)



離調周波数 [MHz]	空中線電力 マスク [dBm/MHz]
-755	-48
-400	-48
-200	-46
-100	-38
-50	-34
-10	-24
-1	-10
1	-10
10	-24
50	-34
100	-38

- WPTのスペクトラムマスク(全素子合計の雑音)
 - 測定が可能な空中線電力で規定
 - 所望CW出力のEIRP70dBm、全素子合計出力45dBm(アンテナ・アレイ利得25dBi)時
 - 一部雑音は**無相関でアレイ利得を持たないため、空中線出力(EIRP)は低減**する
 - 次ページに詳細

5.7GHz帯スペクトラムマスク(案)



離調周波数 [MHz]	無相関雑音考慮時の差分 [dBm/MHz]
-755	-18
-400	-16
-200	-2
-100	-2
-50	0
-10	0
-1	-4
1	-4
10	0
50	0
100	-2

- 相関の無い各システム事の雑音考慮の場合
 - 無相関信号はアレイ利得が下がるため、放射される雑音電力が低減
- 各空中線で観測される雑音に対し、離調周波数に応じ最大18dB低減

各共用検討システムとの離隔距離計算に関連する諸元

	周波数[MHz]	アンテナ利得	最大許容レベル	補足説明
無線LAN	5470-5730	7dBi	-47dB -63dBm -93dBm(*1)	(*1)感度抑圧規定から算出した最悪値, 次隣接チャネル:-47dBm, 隣接チャネル:-63dBm, 同一チャネル:-93dBm 【参照】IEEE802.11-2016
DSRC	5770-5850	10/20dBi (*1)	-33dBm -42dBm(*2)	(*1) 車載機:10dBi, 路側機:20dBi (*2) ISMバンド内のスプリアスレスポンス規定 から算出した最悪値, 車載機:-39dBm,, クラス2路側機:-48dBm 【参照】ARIB STD-T75
電波天文	4830, 4995, 6650-6675.2	0dBi	-195dBm/Hz(*1)	(*1) ITU-R RA.769-2より換算
ロボット用無線	5650-5755	6dBi	-56dBm -72dBm -98dBm(*1)	受信感度と所要D/U比から算出した最悪値, 次隣接チャネル:-56dBm, 隣接チャネル:-72dBm, 同一チャネル:-98dBm 【参照】平成28年ロボット作業班公開資料
アマチュア無線	5650-5850	-	-	共用検討モデルを検討中

現状での各共用検討システムとの離隔距離計算結果

	WPT干渉源	離隔距離[m]		離隔距離(壁損有)[m]	
無線LAN	キャリア	隣接Ch	16,802	隣接Ch	2,372
		次隣接Ch	2,663	次隣接Ch	376
DSRC	キャリア	車載器	828	車載器	117
		路側器	11,702	路側器	1,653
電波天文	帯域外雑音	0秒積分	72,529	0秒積分	10,245
		1秒積分	1,290	1秒積分	182
		2000秒積分	193	2000秒積分	27
ロボット用無線	キャリア	同一Ch	2,080,863	同一Ch	293,930
		隣接Ch	104,290	隣接Ch	14,731
		次隣接Ch	16,529	次隣接Ch	2,335
アマチュア無線	キャリア	検討中		検討中	

壁による減衰検討

屋内から屋外への壁による損失(17dB)を想定

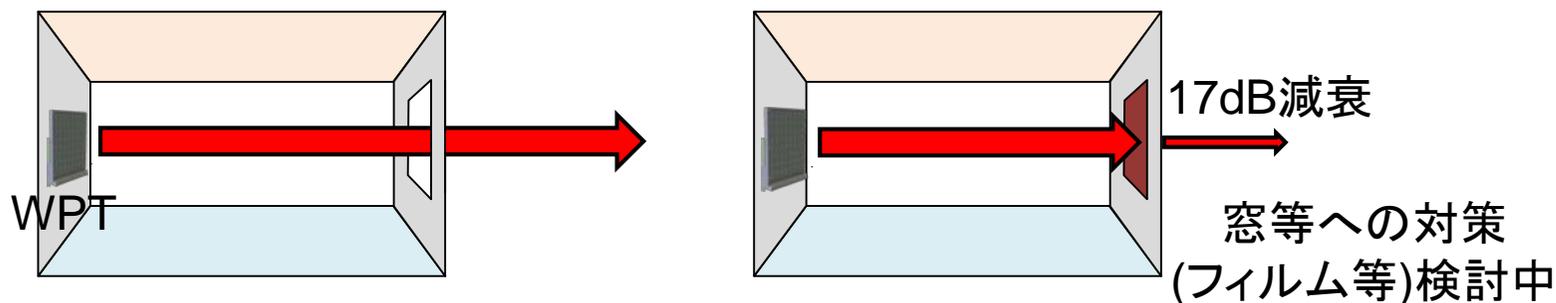


TABLE 6 (※1)

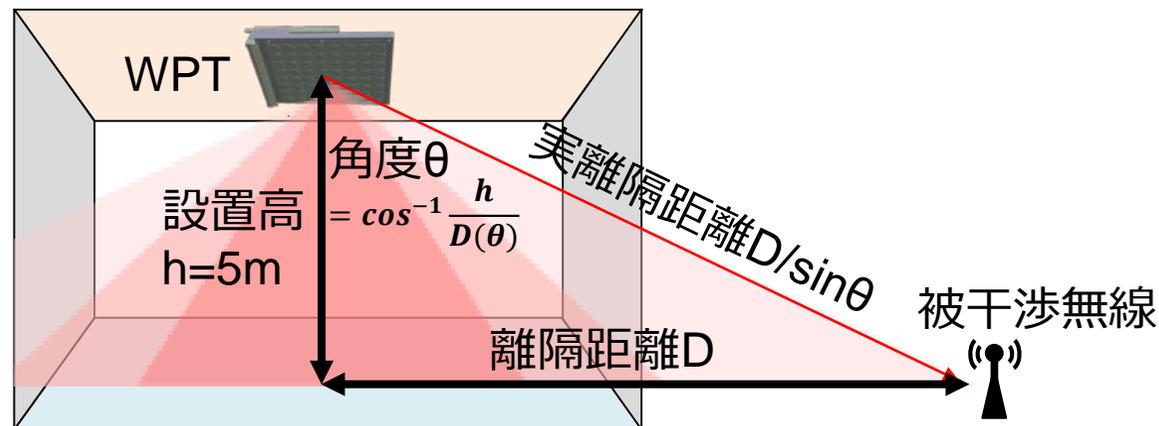
Technical characteristics of high speed WLANs at 5.3 GHz

Parameter	Value		
	RLAN1	RLAN2	RLAN3
Peak radiated power (W)	0.25	1.00	0.20
Deployment (%)	99 indoors/ 1 outdoors	85 indoors/ 15 outdoors	100 indoors/ 0 outdoors
Mean attenuation (dB)	17.0	7.8	17.0
Polarization	Random	Random	Random
Bandwidth (MHz)	23.6	23.6/channel (14 channels)	23.6/channel (14 channels)
Interference duty cycle into SAR (%)	100	100	100
Operational activity (active/passive ratio (%))	1	5	5
Mean density (transmitters/km ²)	12	1 200/office area (89 000/km ² /channel)	1 200/office area, 250/industrial area
Interference threshold (dBW)	-120	-120 (to be developed)	-100

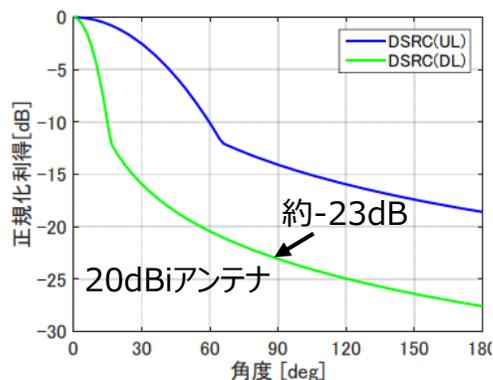
天井設置による減衰検討

天井設置時のアンテナ指向性による減衰モデル(最小-23dB低減)の導入検討

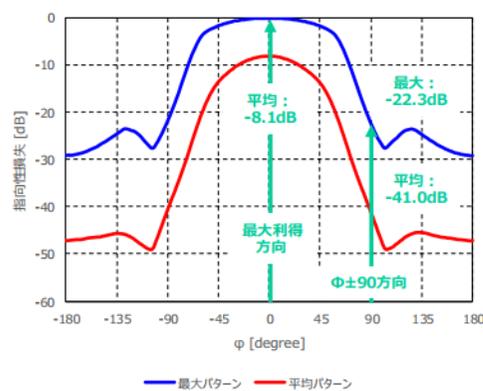
WPTパッチアンテナ指向性 $\propto \cos^2\theta \Rightarrow$ 最小-23dB(90度)



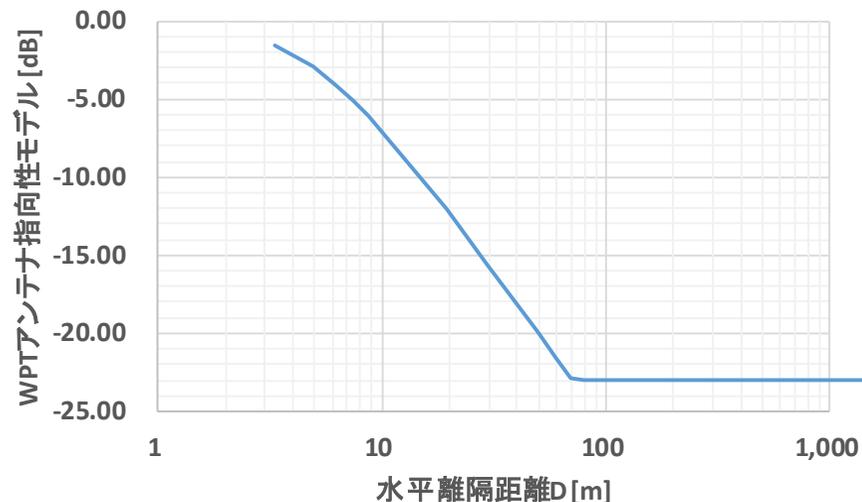
- ◆ 離隔距離に応じ角度 θ が変わることを考慮
- ◆ ビームフォーミング実施時の出射角度の制限も検討中



DSRC移動局(UL)、基地局(DL)空中線の放射パターン
アンテナ指向性パターンの例(※1)



アレイアンテナ指向性パターンの例(※2)



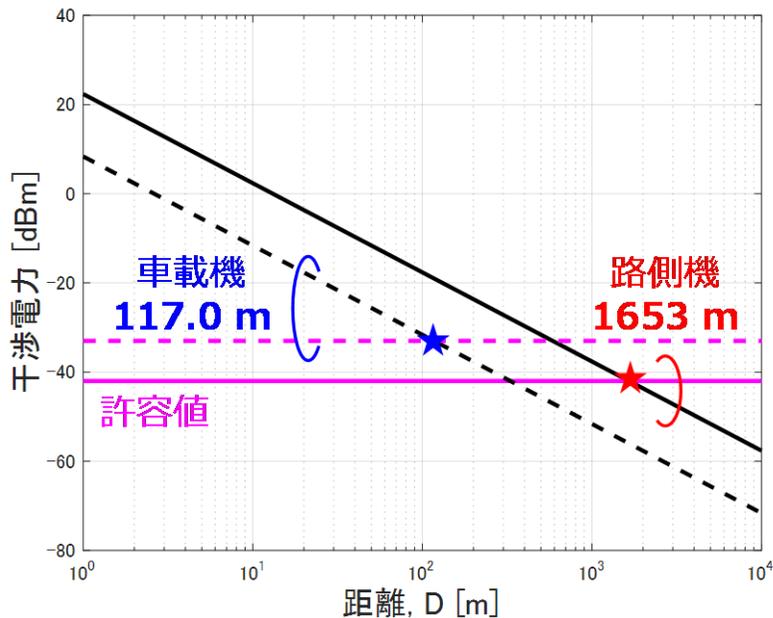
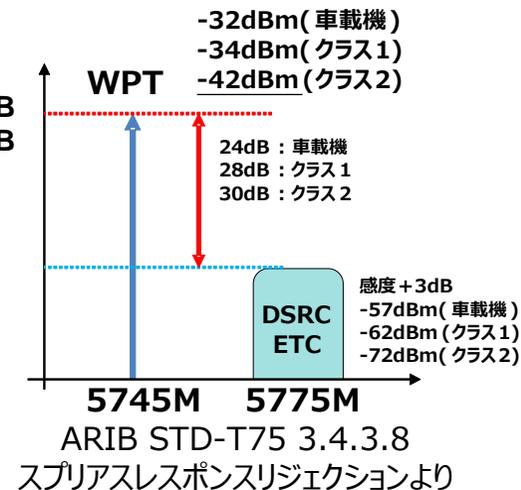
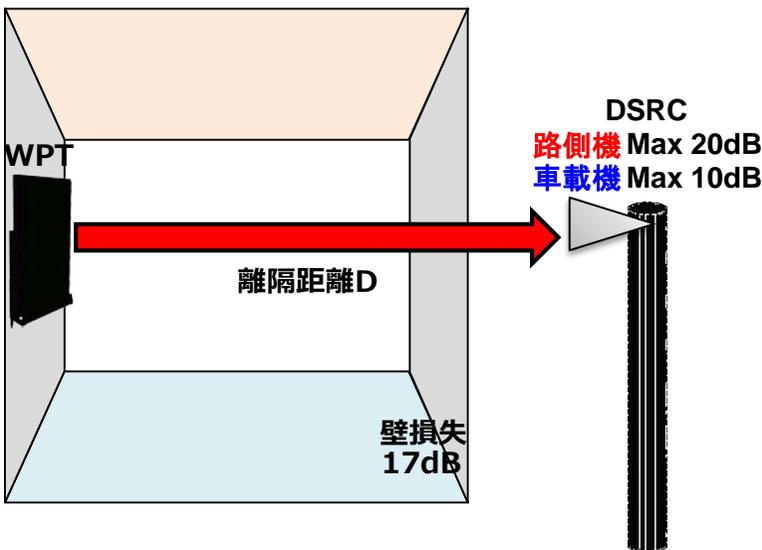
(※1)情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会 4K・8K用FPU作業班(第4回)

(※2)平成 30 年 7 月 31 日 諮問 2038 号「新世代モバイル通信システムの技術的条件」のうち「第 5 世代移動通信システム(5G)の技術的条件」一部答申

共存検討案 (DSRC)

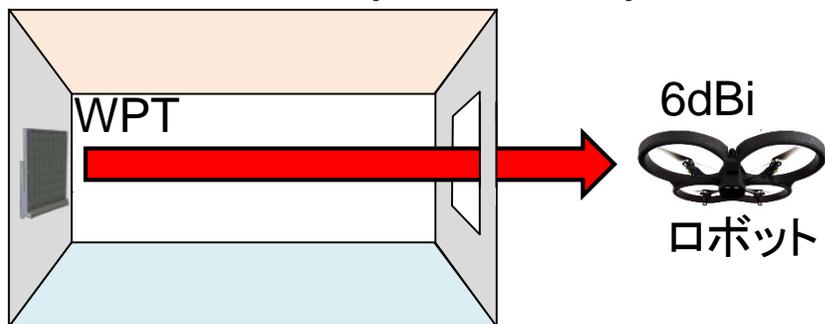
スプリアスレスポンスリジェクション規定を満たす離隔距離を計算

	路側機(RSU)	車載器(OBU)
WPT周波数	5.745 GHz (CW)	
WPT EIRP	70 dBm	
DSRCアンテナ利得	20 dBi	10 dBi
受信感度(+3 dB)	-72 dBm	-57 dBm
スプリアス・レスポンス	30 dBm	24 dBm
許容値	-42 dBm	-33 dBm
偏波減衰	3 dB	
壁減衰	17 dB	
ガラス減衰	0 dB	4 dB
伝搬モデル	Friis則	

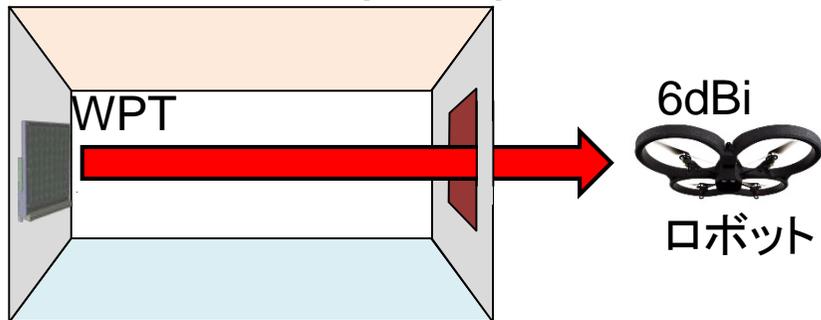


許容レベルを満たす離隔距離を計算

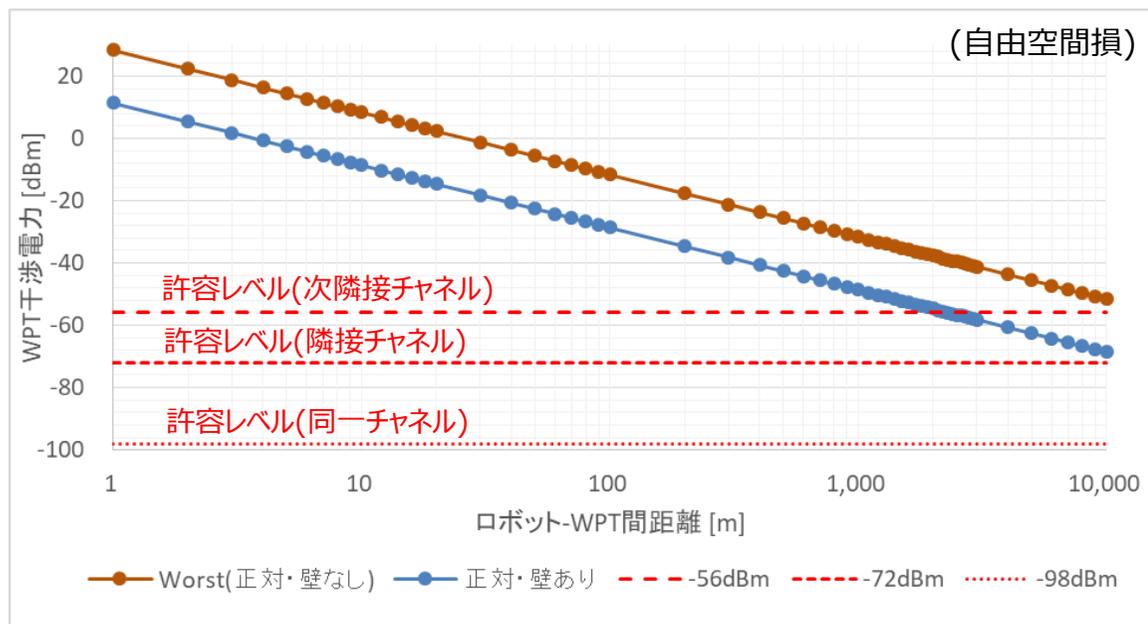
正対・壁損なし(ワースト条件)



正対・壁損あり(17dB)



ロボット-WPT間距離 対 WPT干渉電力特性



離隔距離計算結果

	ワースト条件	壁損あり
離隔距離[m] (同一チャネル)	2,080,863	293,930
離隔距離[m] (隣接チャネル)	104,290	14,731
離隔距離[m] (次隣接チャネル)	16,529	2,335

ロボット-WPTが正対する環境では十分な離隔距離の確保が困難

共存検討案（電波天文）（1/2）

ITU-R勧告より、4995MHz帯の電波天文諸元を整理

ITU-R RA.769-2記載の諸元	値	単位	値	単位	コメント
アンテナ雑音電力	12	[K]	-187.81	[dBm/Hz]	
受信機雑音	10	[K]	-188.60	[dBm/Hz]	山口32m鏡：12[K]と同等
信号帯域	10	[MHz]			
システム感度(2000秒積分時)	0.16×10^{-3}	[K]	-236.56	[dBm/Hz]	
サンプル数(2000秒×帯域)	2×10^{10}				
積分による雑音低減量	7.07×10^{-6}		51.51	[dB]	√サンプル数 だけ雑音低減
システム感度	22.63	[K]	-185.05	[dBm/Hz]	
許容干渉雑音電力 (2000秒積分時)	-207	[dBW/BW]	-247	[dBm/Hz]	
許容干渉雑音電力	-125.49	[dBm/BW]	-195.49	[dBm/Hz]	システム雑音-10dBに相当

当方で計算

- 許容干渉雑音電力導出は2,000秒の積分時間・10MHzの帯域を考慮
 - 積分による干渉雑音低減分(51.51dB)だけ電波望遠鏡の許容干渉雑音入力電力を増加させた

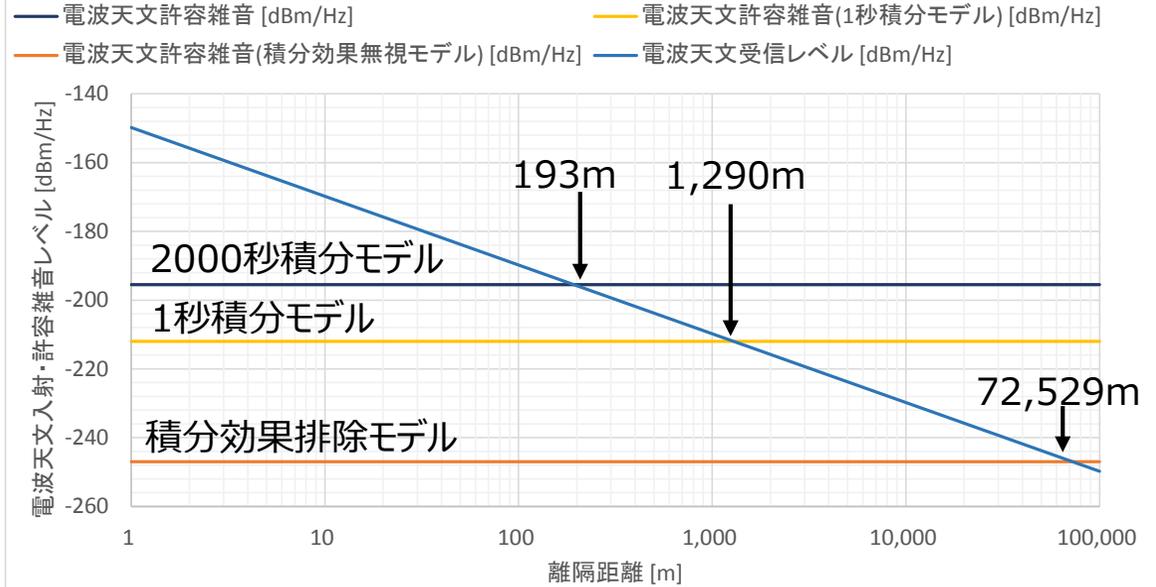
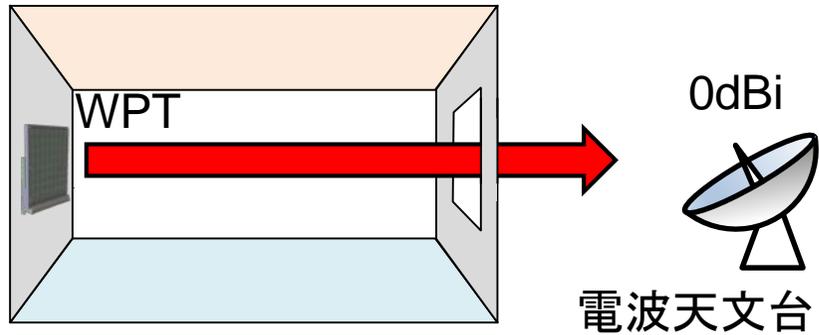
Threshold levels of interference detrimental to radio astronomy continuum observations

Centre frequency ⁽¹⁾ f_c (MHz)	Assumed bandwidth Δf (MHz)	Minimum antenna noise temperature T_A (K)	Receiver noise temperature T_R (K)	System sensitivity ⁽²⁾ (noise fluctuations)		Threshold interference level ^(2,3)		
				Temperature ΔT (mK)	Power spectral density ΔP (dB(W/Hz))	Input power ΔP_H (dBW)	pdf $S_H \Delta f$ (dB(W/m ²))	Spectral pdf S_H (dB(W/(m ² ·Hz)))
4995	10	12	10	0.16	-267	-207	-171	-241

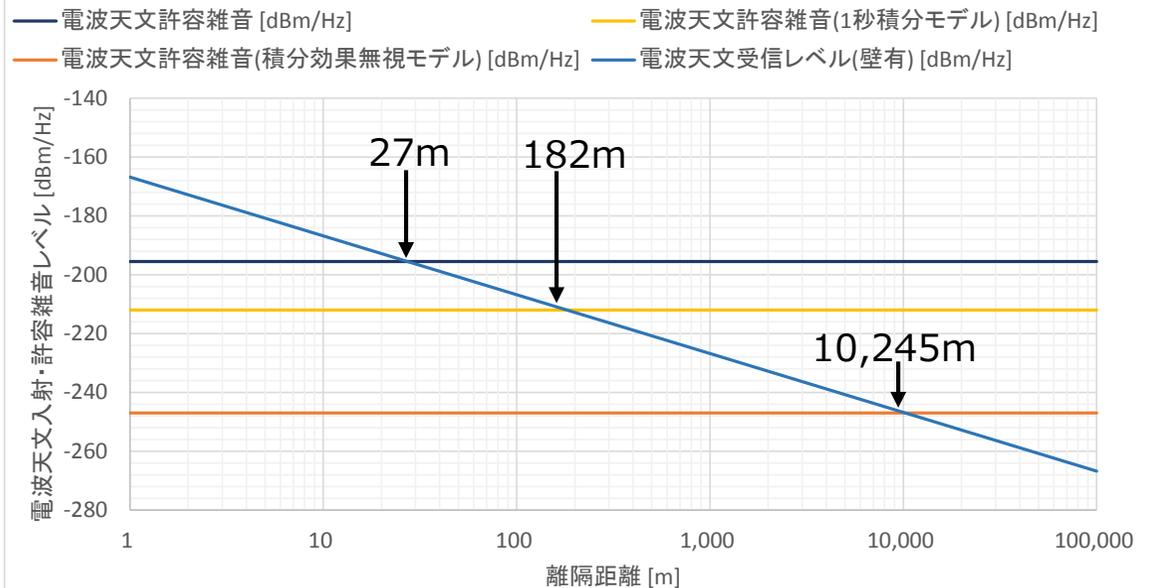
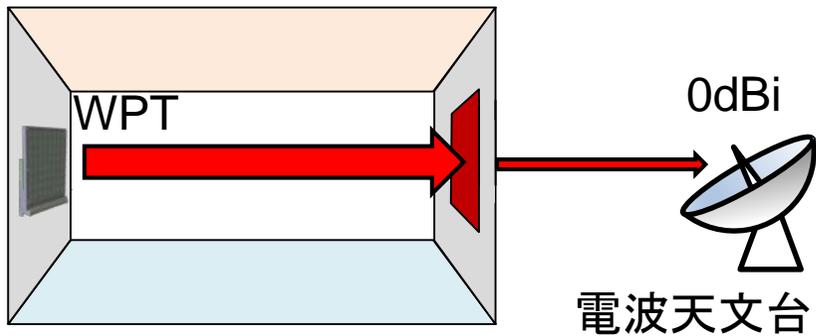
⁽¹⁾ An integration time of 2,000 s has been assumed; if integration times of 15 min, 1 h, 2 h, 5 h or 10 h are used, the relevant values in the Table should be adjusted by +1.7, -1.3, -2.8, -4.8 or -6.3 dB respectively.

正対条件・壁有条件下での離隔距離の算出

正対・壁損なし(ワースト条件)



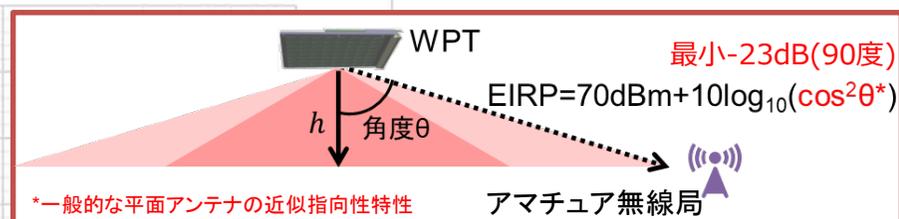
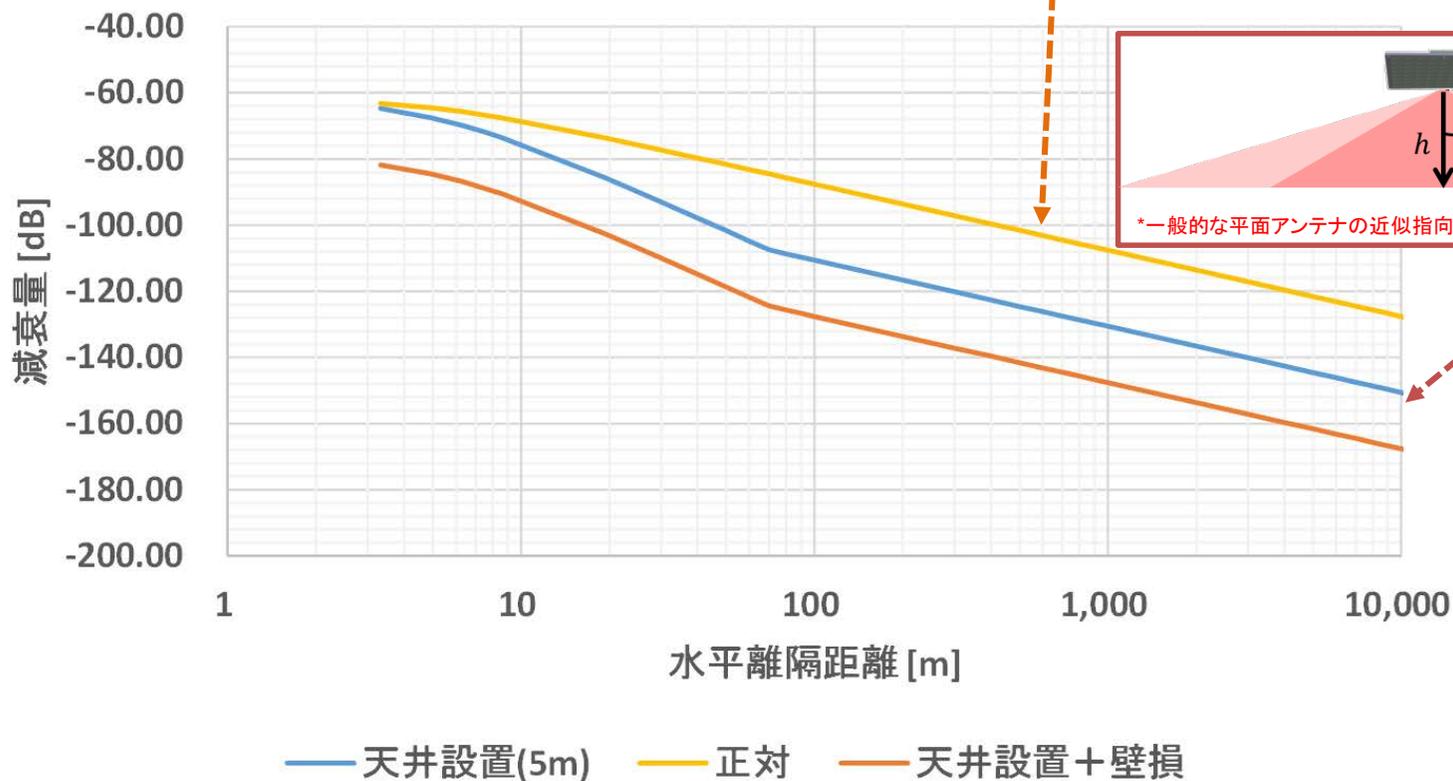
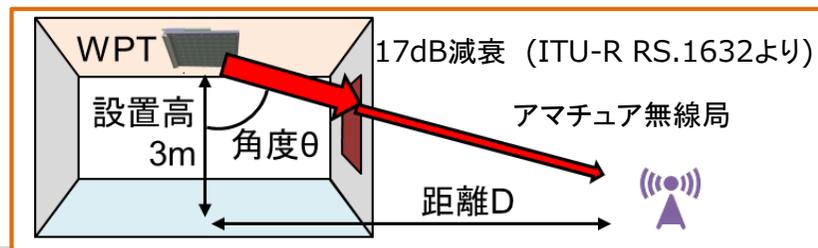
正対・壁あり(17dB)



共存検討案 (アマチュア無線)

正対条件・壁有・天井設置条件での距離対減衰量特性を算出

自由空間での距離対減衰量特性



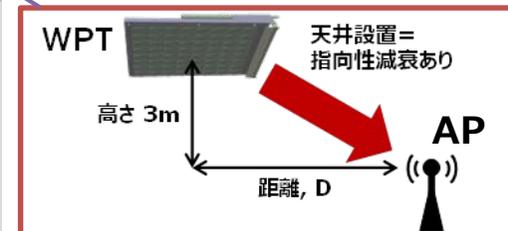
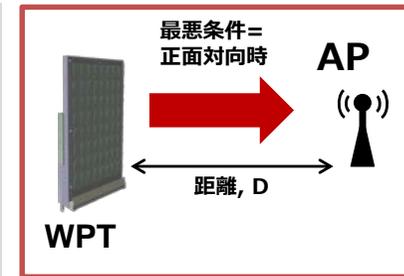
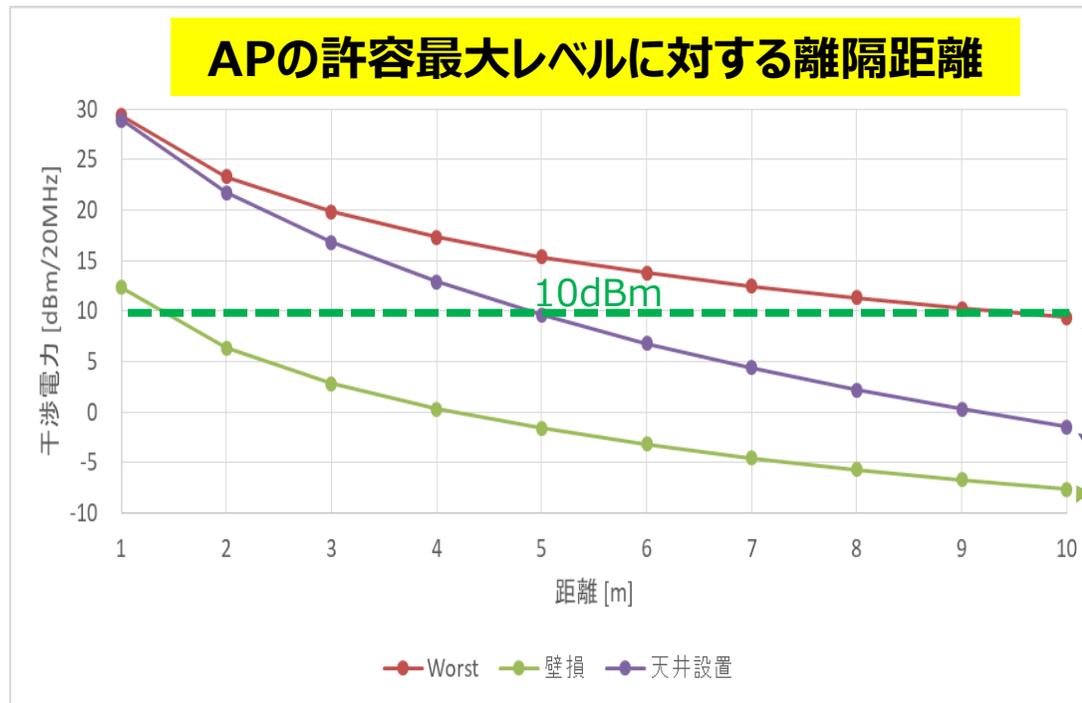
WPTの天井設置により、距離の増加とともに水平方向実効利得が減少し、屋外の被干渉システムに対し大幅な干渉低減が期待できる

共存検討案（無線LAN）（1/5）

指向性ビーム直撃による端末破壊を回避するための離隔距離を計算

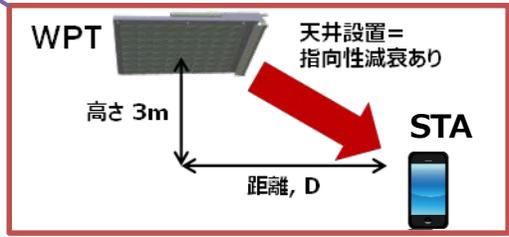
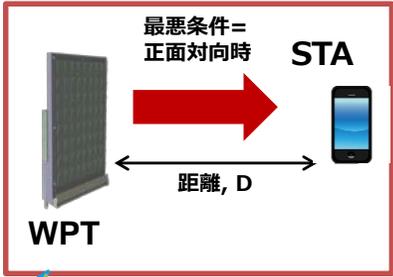
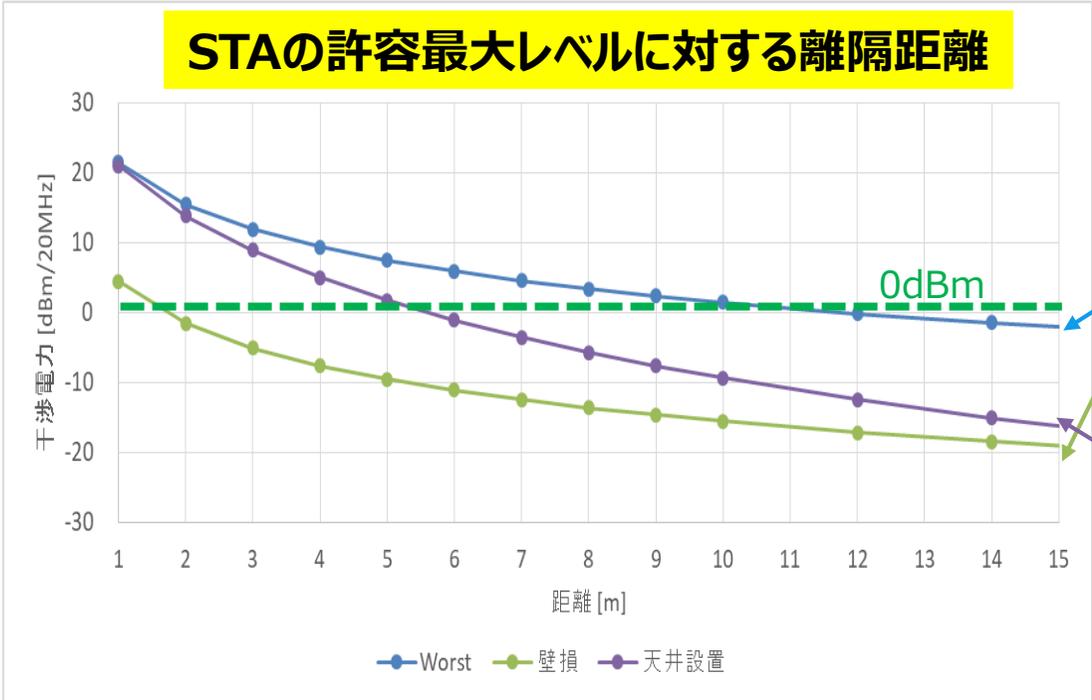
WPT周波数	5.75 GHz (CW)
WPT EIRP	70
WLAN アンテナ利得	7dBi
偏波減衰	0dB
壁減衰	0dB / 17dB

受信電力 [dBm]	必要離隔距離 [m]
-10	92.9
5	52.3
0	29.4
5	16.5
10	9.3
15	5.2
20	2.9



- 許容最大レベルを10dBmとした場合、ワースト環境での離隔距離は約9m
- 天井設置 or 壁損 のいずれかを考慮した場合は5m以下
- 本資料では、離隔距離はいずれも自由空間減衰を前提として計算

WPT周波数	5.75 GHz (CW)
WPT EIRP	70
WLAN アンテナ利得	2.14dBi
偏波減衰	3dB
壁減衰	0dB / 17dB
伝搬モデル	Friis則



受信電力 [dBm]	必要離隔距離 [m]
-10	53.1
5	29.9
0	16.8
5	9.4
10	5.3
15	3.0
20	1.7

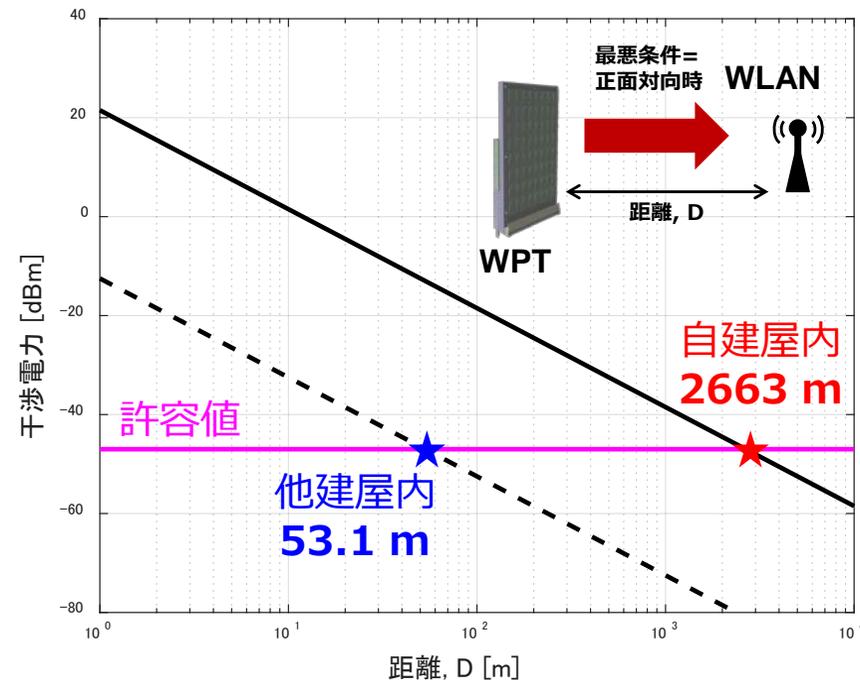
- 許容最大レベルを0dBmとした場合、ワースト環境での離隔距離は約11m
- 天井設置 or 壁損 のいずれかを考慮した場合は6m以下

【無線LAN端末の機器破壊を回避するための共存方針案】

- 管理環境での運用とすることで許容最大レベルに対する離隔距離を担保
- 免許人が以下をケアすることで確実に離隔をとる
 - WPTと同室内に対しては、メインビームのエリア内に無線LAN機器を配置しない
 - 室外に対しては壁損を確保（窓等への対策の実施）

	他建屋内	自建屋内
WPT周波数	5.745 GHz (CW)	
WPT EIRP	70	
WLANアンテナ利得	2.14 dBi	
受信感度(+3 dB)	-79 dBm	
所要D/U	-32 dB (次隣ch)	
許容値	-47 dBm	
偏波減衰	3 dB	
壁減衰	34 dB (壁透過2回)	0 dB
伝搬モデル	Friis則	

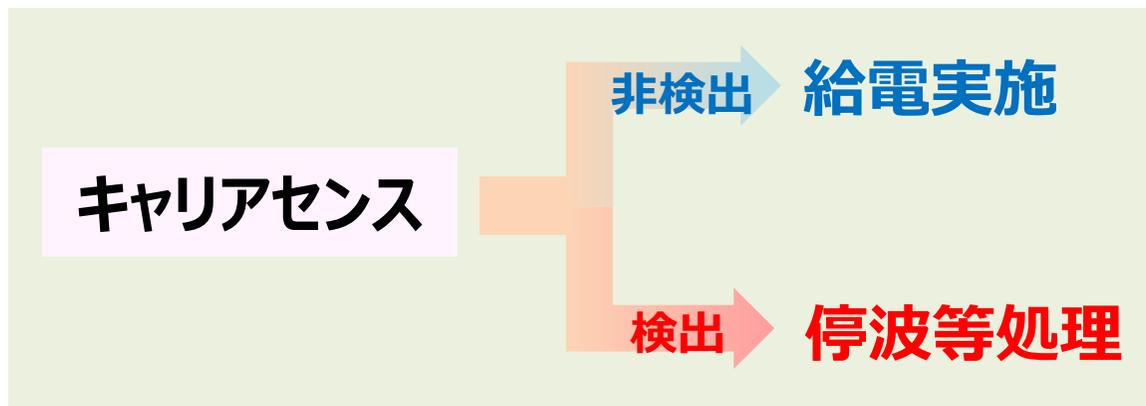
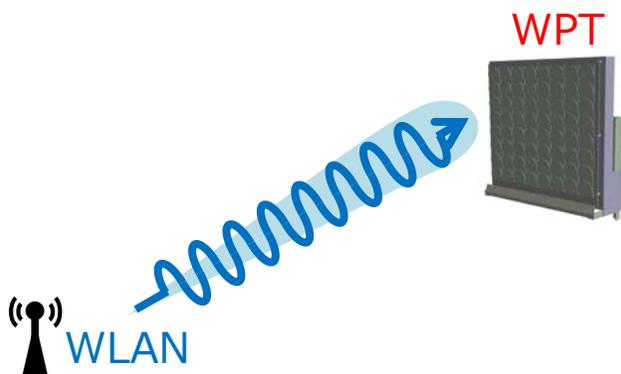
最悪条件（正対）での離隔距離



- 感度抑圧仕様の許容値に対する離隔距離は2263m(次隣接の場合)

- 指向性ビーム直撃のワーストケースでは共存困難
- WPT側でWLAN信号をキャリアセンスすることによる共存法（後述）を検討中

キャリアセンス(CCA)による共存法の提案



CCAの技術仕様項目案

⇒各項目詳細は次ページ図面にて説明

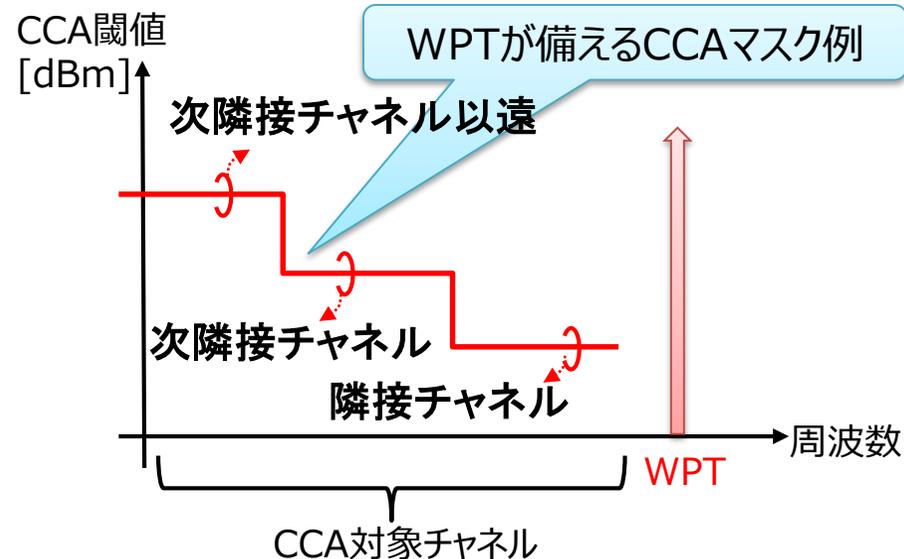
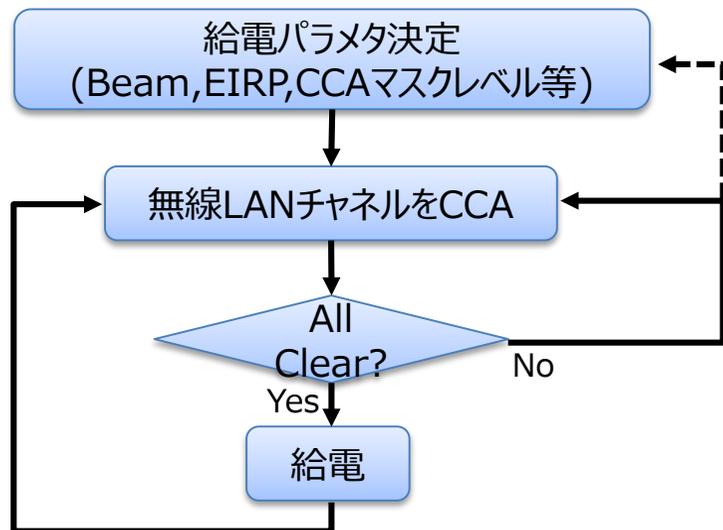
		単位
センシング時間	CCA時間	ms
センシング条件	CCA閾値(同一チャネル)	dBm
	CCA閾値(隣接チャネル)	dBm
	CCA閾値(次隣接チャネル)	dBm
	CCA閾値(次隣接チャネル以遠)	dBm
送電時間	給電バースト時間(チャネル占有時間)	ms

キャリアセンス(CCA)による共存法の制御フローの検討

マイクロ波給電装置のタイミングチャート例



マイクロ波給電装置の制御フロー



- WPTから既存システムに与える影響を整理
- 5.7GHz帯スペクトラムマスク案を提示
- 各共用検討システムに対する現状での計算値を報告
 - 諸元および離隔距離案
 - 共存検討案