

ロボット用電波利用システムに関する  
周波数共用検討状況について  
(中間報告)

平成27年10月9日

一般社団法人 電波産業会  
ロボット用電波利用システム調査研究会

## 【中間報告の目次】

- 1 ロボット用電波利用システムの要求条件及び  
検討対象候補周波数帯
- 2 周波数共有の検討方法
- 3 2.4GHz帯の周波数共有検討状況
  - 3-1 各種既存無線システムの概要
  - 3-2 周波数共有の検討結果のまとめ
- 4 5.7GHz帯の周波数共有検討状況
  - 4-1 各種既存無線システムの概要
  - 4-2 周波数共有の検討状況

# 1 ロボット用電波利用システムの要求条件及び検討対象候補周波数帯 3

## 1-1 ロボット用電波利用システムの要求条件

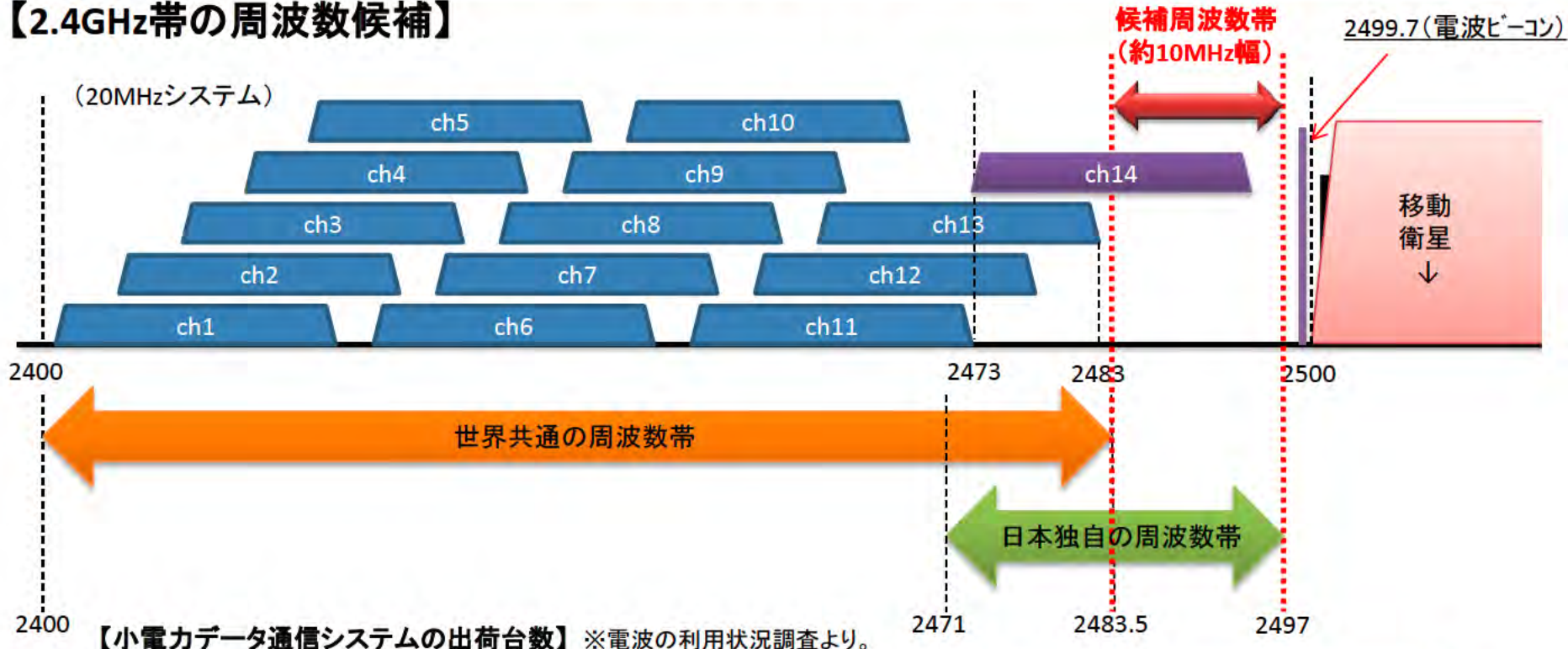
	上空・地上・海上利用を想定		非常時用
用途	テレコントロール データ伝送 画像伝送	テレコントロール データ伝送 画像伝送	テレコントロール データ伝送 画像伝送
周波数帯	2.4GHz帯	5GHz帯	169MHz帯
通信方式	単向・同報・単信・複信	単向・同報・単信・複信	単向・同報・単信・複信
変調方式	各種	各種	各種
伝送容量	3M~27Mbps	3M~54Mbps	100k~200kbps
占有周波数帯幅の 許容値	5/10MHz	5/10/20MHz	100/200kHz
ch間隔及びch数	5MHz × 2ch 10MHz × 1ch	5MHz × 8ch 10MHz × 4ch 20MHz × 2ch	100kHz × 4ch 200kHz × 2ch
等価等方輻射電力	4W	1W	1W



# 検討候補周波数帯【2.4GHz帯】

2.4GHz帯においては、日本独自の周波数帯が比較的使用が少ないところであり、ロボット電波利用システムとして既存の無線LANより送信出力を増力したとしても、既存無線局への影響は比較的小さいと考えられる。ただし、ロボット側の無線設備の仕様をはじめ、同一周波数帯又は隣接周波数帯の既存の無線システムとの共用検討により、当該周波数幅は変動するものである。

## 【2.4GHz帯の周波数候補】



周波数帯(MHz)	H22	H23	H24	3年間合計	
2400-2483.5	82,254,943	107,613,927	114,272,386	304,316,625	(96.0%)
2471-2497	5,934,170	3,911,612	2,979,997	12,825,779	(4.0%)

※ 2.4GHz帯電波ビーコン(主に高速道路で利用)は、次世代ITSスポットサービスへの移行を踏まえ、平成34年3月に停止される予定。



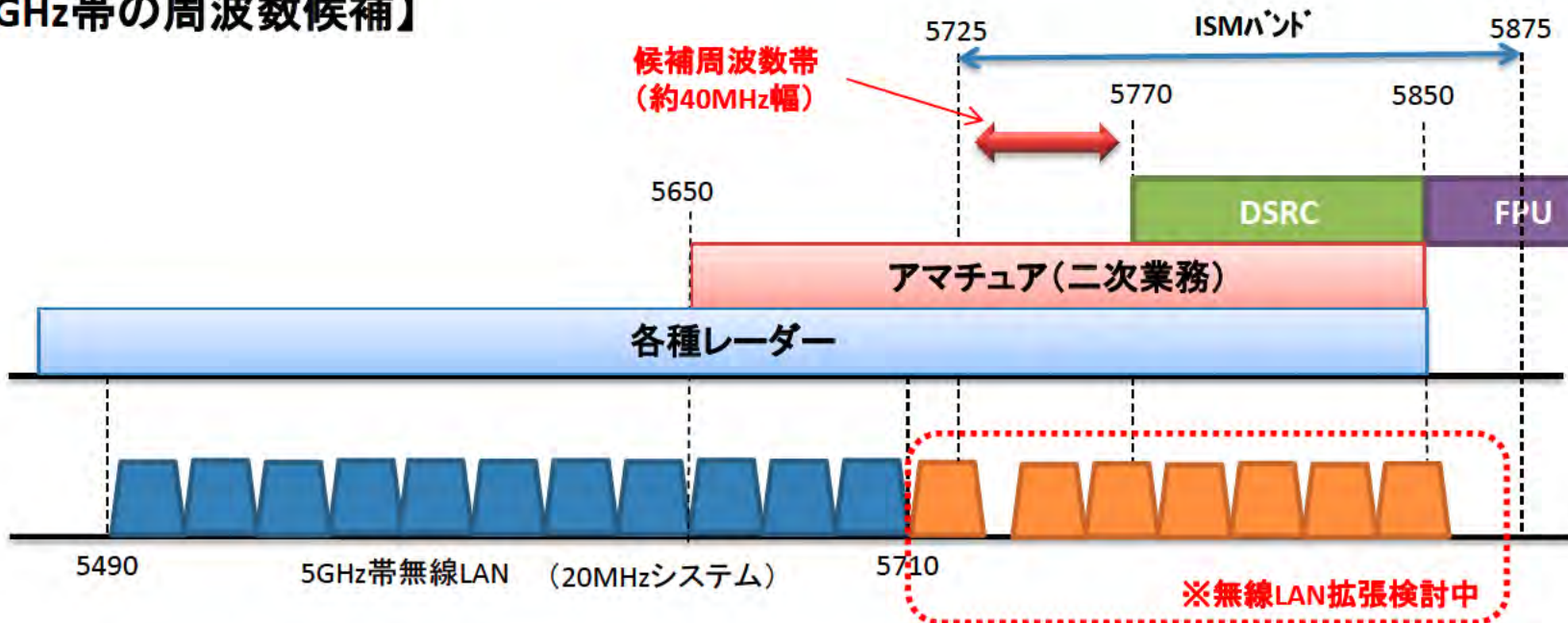
# 検討候補周波数帯【5.7GHz帯】

5GHz帯においては、各種レーダー及びDSRCの無線システムが使用しているが、現在、携帯電話や無線LANの周波数の逼迫等により、無線LANの周波数帯拡張に向けた技術検討が行われているところである。

既存の無線LAN及びDSRCとの周波数と重複をしないよう周波数の割当てを考慮すれば、比較的干渉が少ない周波数帯として、約40MHz幅の候補周波数が考えられる。

ただし、ロボット側の無線設備の仕様をはじめ、同一周波数帯又は隣接周波数帯の既存の無線システムとの共用検討により、当該周波数幅は変動するものである。

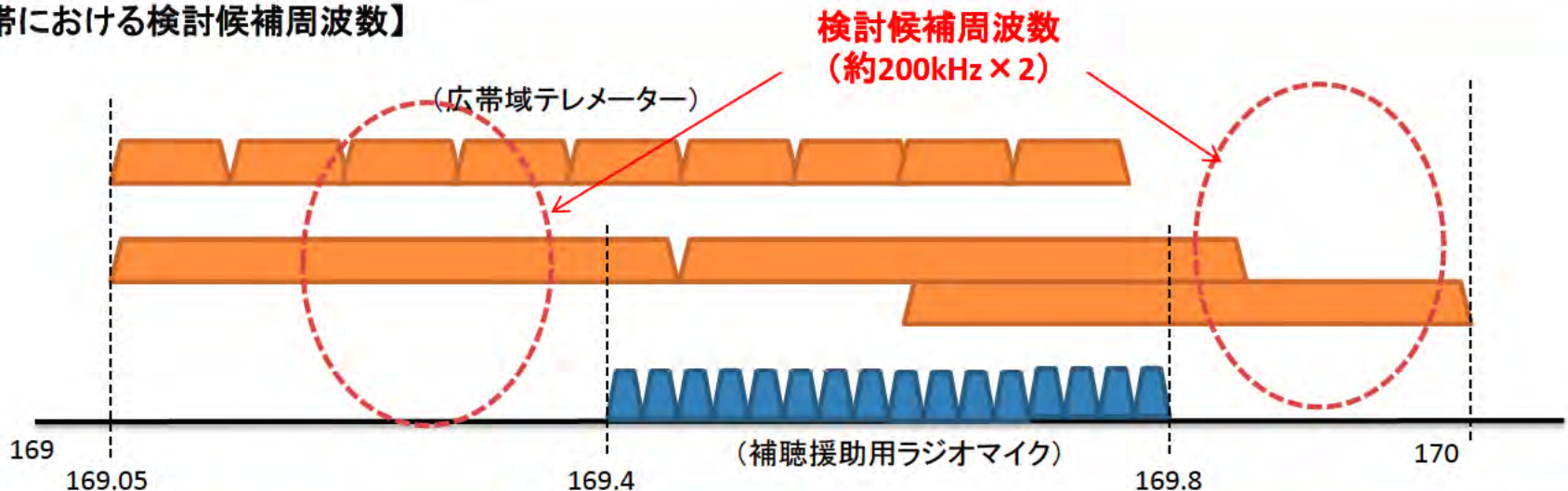
## 【5GHz帯の周波数候補】





- 災害分野など人が容易に立ち入れない場所などでロボットを運用する場合において、通常の通信が途絶し、ロボットの操作に不具合が生じるケースもあり、そのような緊急時において、最低限の通信を確保するためにVHF帯による低速伝送の無線システムの要望がある。
- 最低限の画像伝送と制御を行うためには、低画質の画像、制御信号及び状態情報の伝送(64~128kbps)を考慮すると、必要な周波数帯幅としては、100kHz程度となる。
- VHF帯において、比較的広帯域に使用可能な周波数としては、169MHz帯の広帯域テレメーターがあり、隣接周波数帯の既存無線システムへの影響を踏まえつつ、当該周波数帯における周波数共用の可能性について検討を行うことが適当である。

## 【VHF帯における検討候補周波数】



周波数	出力	感度 BER=1×10 <sup>-3</sup>	ロボットの高度	通信距離	通信距離 受信電力10dB余裕
169MHz	1W(30dBm)	-105dBm	3m	8.5km	4.9km
			50m	44km	22km



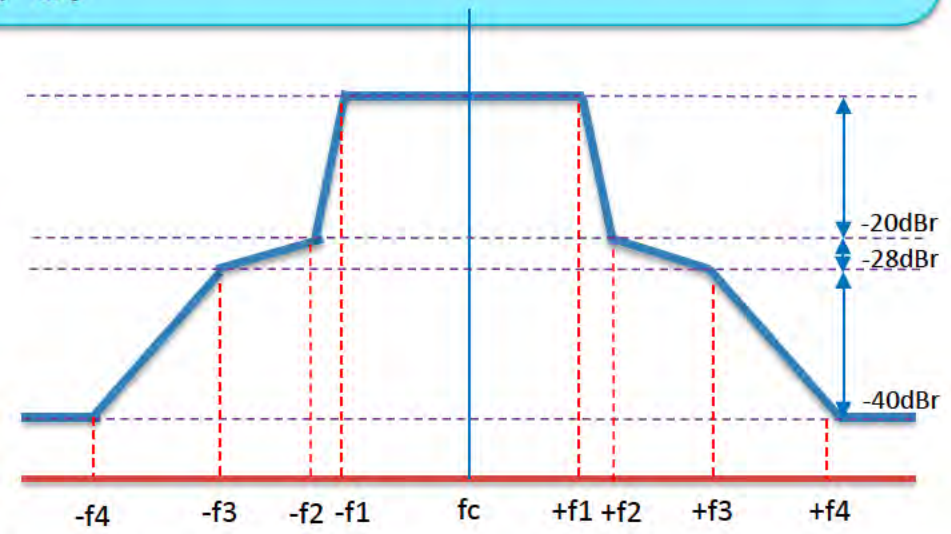
## 2-1 ロボット用電波利用システムの諸元

ロボット用電波利用システムの送信スペクトラムマスクについては、無線LANの規格(IEEE802.11j)を参考にし、以下のマスクにおいて、2.4GHz帯及び5.7GHz帯の干渉検討を行うこととする。  
 なお、2.4GHz帯においては、候補周波数帯幅が約10MHz幅のため、5/10MHzシステムとし、5.7GHz帯においては、5/10/20MHzシステムとする。

### 【送信スペクトラムマスク】

2.4GHz帯 : 5/10MHzシステム  
 5.7GHz帯 : 5/10/20MHzシステム (MHz)

システム	f1	f2	f3	f4
5MHzシステム	2.25	2.75	5	7.5
10MHzシステム	4.5	5.5	10	15
20MHzシステム	9	11	20	30



【受信特性】 ※ ARIB-STD71(広帯域無線アクセスシステム)より抜粋。受信感度(5MHz幅)は10MHz幅の値に3dB改善したものの。

変調方式	コーディングレート	同一chのD/U	隣接chのD/U (dB)	次隣接chのD/U (dB)	受信感度(dBm)		
					20MHz幅	10MHz幅	5MHz幅
BPSK	1/2	10	-16	-32	-82	-85	-88
QPSK	1/2	13	-13	-29	-79	-82	-85
16QAM	1/2	18	-8	-24	-74	-77	-80
64QAM	2/3	26	0	-16	-66	-69	-72

なお、受信帯域幅は、5MHz/10MHz/20MHzシステムは、それぞれ、5MHz幅/10MHz幅/20MHz幅とする。

## 【送信出力】

周波数帯	EIRP	空中線電力	アンテナ利得
2.4GHz帯	4W (36dBm)	1W(30dBm)	6dBi
5.7GHz帯	1W (30dBm)	250mW(24dBm)	6dBi

※ 送信出力は、諸外国の基準等を踏まえて設定(中間とりまとめより)。

## 【送受信アンテナ】

送受信アンテナの指向性は最悪値を考慮し、6dBiの無指向性で検討する。

## 【送信時間】

画像伝送を主目的として、送信時間は連続送信とする。

## 【参考】

なお、通信方式には、単向通信方式とTDD方式のものが想定される。

TDD方式の場合は、間欠送信となり、各種方式・システムにより異なると思われるが、一般的なシステムを考慮すれば以下のとおりである。

機体⇒操縦者(画像・データ伝送)                      20ms送信／1ms休止

操縦者⇒機体(各種制御)                                      1ms送信／20ms休止



## 2-2 周波数共用検討の対象既存無線システム

## 【2.4GHz帯】

既存システム名	使用周波数
2.4GHz帯無線LAN	2400～2497MHz
構内無線局(移動体識別)	2425～2475MHzMHz
電波ビーコン(VICS : 車載端末)	2499.7MHz
移動衛星システム(衛星⇒端末)	2500～2535MHz

## 【5.7GHz帯】

既存システム名	使用周波数
5GHz帯無線LAN	5470-5725MHz(※)
DSRC(ETCシステム及び次世代DSRC)	5770-5850MHz

※ 5GHz帯無線LANについては、拡張検討を行っている周波数帯も含む(5725～5850MHz)。

アマチュア局と使用周波数を共用するがアマチュア局が二次業務のため検討対象から外すこととする。

また、各種レーダーについては、総務省において共用の可能性を検討する。

## 2 周波数共用の検討方法

### 2-3 周波数共用検討の方法

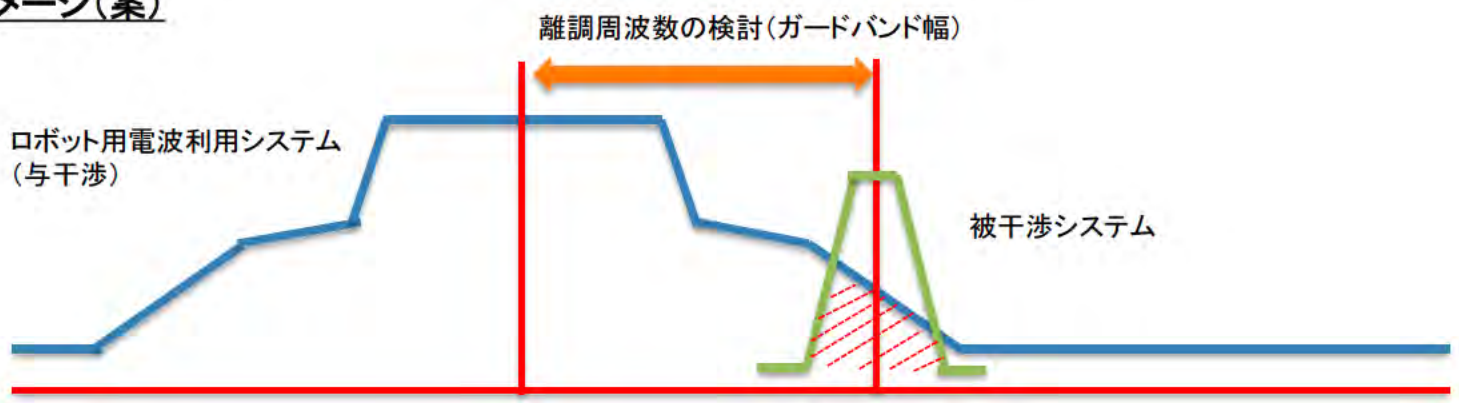
既存無線システムとの間で周波数の使用状況に応じて、干渉を許容できる離隔距離の検討を行うとともに、隣接周波数を使用する既存無線システムとの必要なガードバンドを算出する。

#### 【共用検討の評価手法】

- 1対1による共用検討(システム間の与干渉及び被干渉を検討し、離隔距離又は必要ガードバンド幅の検討)を実施し、共用の可能性を評価する。
- なお、電波伝搬モデルは、基本として自由空間電波伝搬モデルにて検討する。

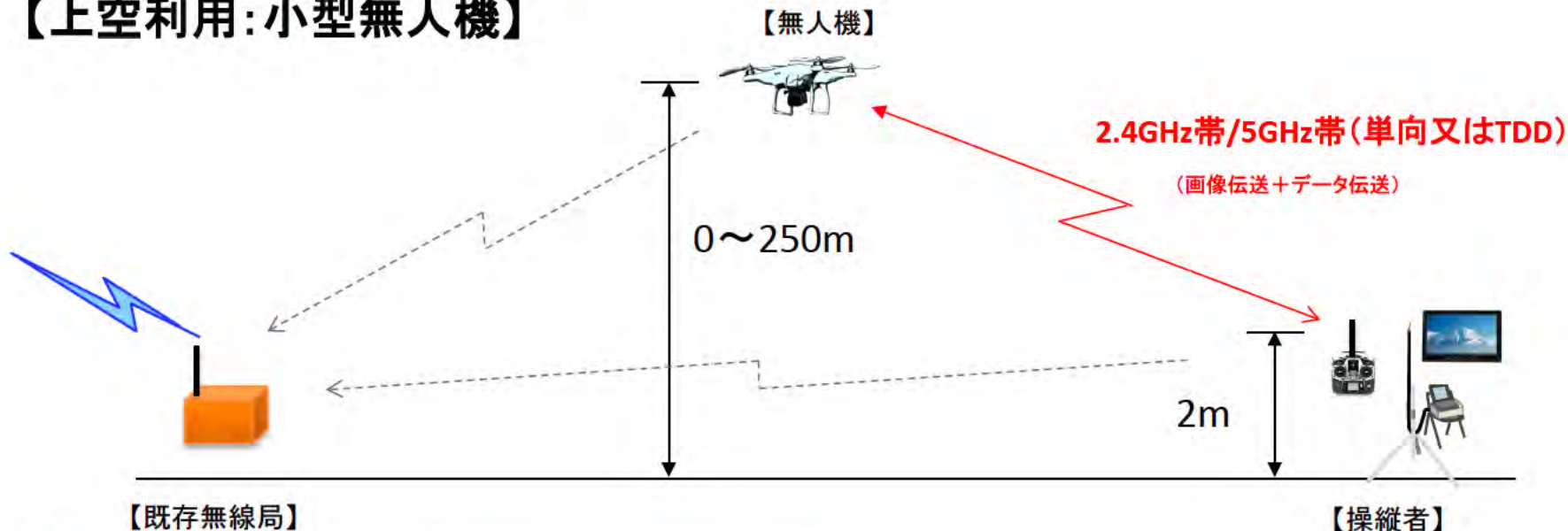
与干渉 (被干渉)	被干渉 (与干渉)						
	2.4/5GHz帯	2.4GHz帯				5GHz帯	
	ロボット	無線LAN	構内無線局	電波ビーコン	移動衛星 (端末受信)	無線LAN	DSRC
ロボット (同一波)	○	○				○	
ロボット (隣接/次隣接)	○	○	○	○	○	○	○

#### ○干渉検討イメージ(案)



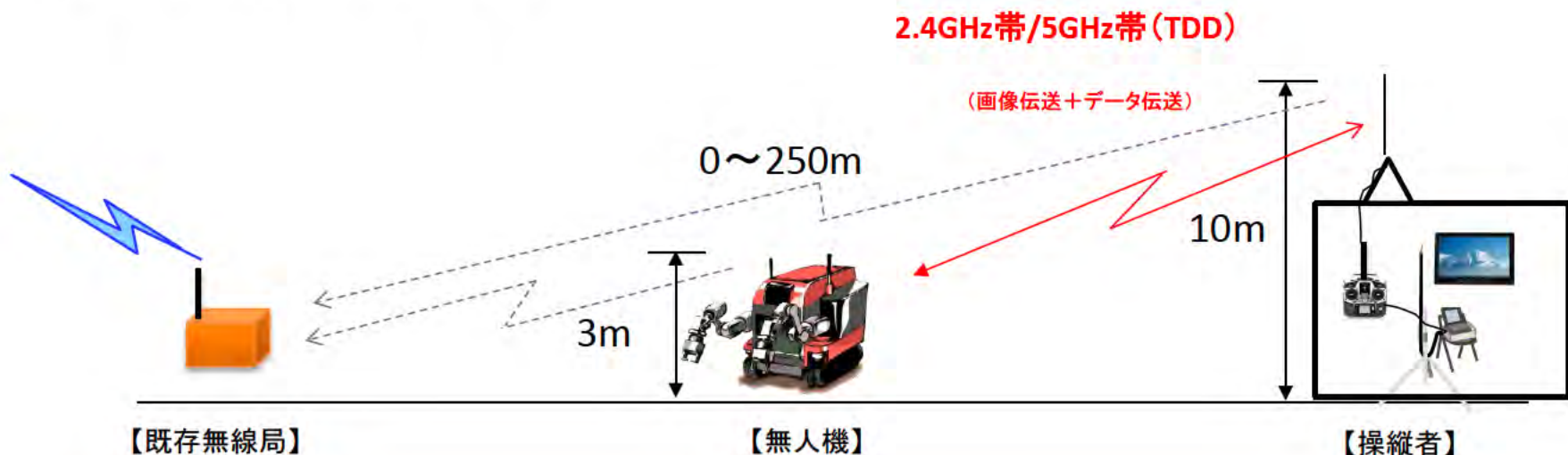


### 【上空利用:小型無人機】



- 上空利用においては、小型無人機の利用を想定。
- 無人機の運用は、航空法における許可又は通報が不要な高度を踏まえ、地上高は地表面(0m)から250mまでの運用を想定して設定。
- 地上のコントロール用の無線機(操縦者)は、地上高2mとして設定。
- 通信方式が単向通信方式の場合(機体から操縦者へ画像伝送等のみを送る場合)は、地上設備は受信のみとなる(この場合、コントロールは混信の観点から他の周波数帯で行うことを想定)。なお、TDD方式の場合は、操縦者から無人機への通信としてコントロールも含まれる場合もある。
- 操縦者と無人機の運用距離は、5km未満を想定。

## 【地上利用:無人化施工】



- 地上利用においては、無人化施工の利用を想定。
- 無人機の運用は、親局(操作者)と子局(無人機)に分かれ、親局は見通しの良い場所に設置されるため、地上高10mとして設定。子局は地上高3mとして設定。
- 通信方式がTDD方式が主体となる。
- 親局(操縦者)と子局(無人機)の運用距離は、1kmを想定。



# 3 2.4GHz帯の周波数共用検討状況

## 3-1 各種既存無線システムの概要

### 3-1-1 無線LANの概要

#### 無線LANについて

- 無線を使って構築されるLAN
- IEEE(米国電気電子学会)802委員会のIEEE802.11グループで標準化されたものが無線LANとして広く使用されている。
- 無線LAN技術の推進団体であるWi-Fi Alliance<sup>1</sup>によって相互接続性の認定テストに合格した無線LANの製品には、Wi-Fi認定ロゴが与えられ、ある一定レベルの相互運用性が保証される。

#### Wi-Fi認定ロゴの例



#### 無線LANが搭載されている製品例

- パソコン端末、スマートフォン、タブレット端末のほか、プリンター、ゲーム機器、音楽プレーヤー、テレビ等、無線LANが搭載されている製品は、我々の生活に広く普及している。



#### 技術的条件

周波数帯	2.4GHz帯	5.15~5.25GHz帯	5.25~5.35GHz帯	5.47~5.725GHz帯
使用場所	屋内外	屋内限定 <sup>(※1)</sup>	屋内限定 <sup>(※2)</sup>	屋内外
チャンネル間隔	20/40 MHz	20/40 /80/160 MHz		
変調方式	20MHz	OFDM、DS 等	OFDM、DS 等	
空中線電力	20MHz	3~10mW/MHz	10mW/MHz	

※1 屋外利用には固定衛星業務との共用が課題

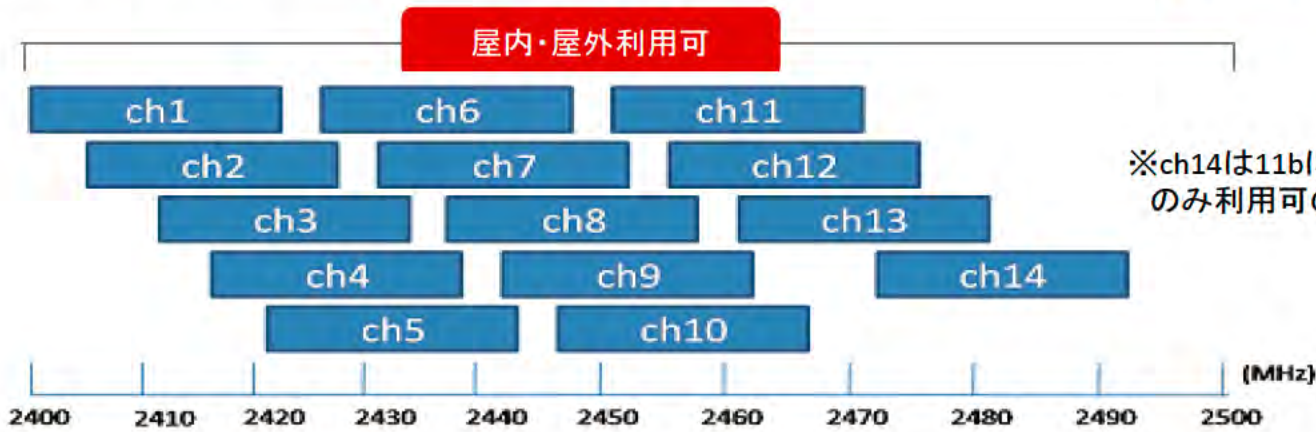
※2 屋外利用には無線標定及び地球探査衛星業務との共用が課題

# 2.4GHz帯/5GHz帯無線LANの周波数配置

- 2.4GHz帯無線LANは隣接チャンネルと重なる部分があり、効率良く無線LANを使用できるチャンネルは、最大3チャンネルとなる。
- 5GHz帯無線LANでは隣接チャンネルと重ならないように設計されており、最大19チャンネル使用できる。

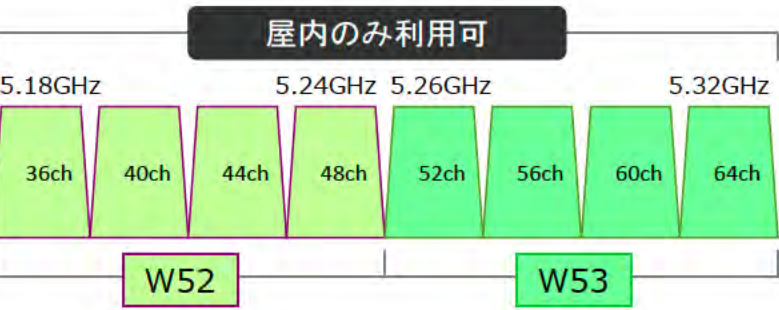
## 2.4GHz帯(11b, 11g, 11nが利用)

20MHzシステムの配列の場合



※ch14は11bに限られる。また、日本のみ利用可のため対応機器は少ない。

## 5GHz帯(11a, 11n, 11acが利用)





## 2.4GHz帯の移動体識別の概要

### 3-1-2 移動体識別装置の概要

#### 1. 主な市場分野

主な市場は、物品管理、運輸、自動車、機械、ビル管理、建設業等である。

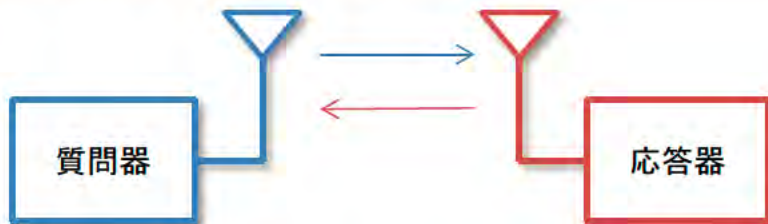
#### 2. 利用用途

市場分野	利用用途
物品管理	物品の製造履歴・品質管理・状態/在庫管理など
運輸	貨物の仕分作業や運送料金の自動計算など
自動車	生産現場における部品流入の仕分作業など
機械	製鉄、機械加工の業種における機械化作業における運搬先や運搬方法の指定、自動化機器の管理など
ビル管理	ビル管理における人間の入退室管理など
建設業	資材搬入確認や工事業者の入退室管理など
鉄道輸送	貨物列車の行先指示や列車入替作業など

#### 3. 無線局数(平成25年度電波利用状況調査)

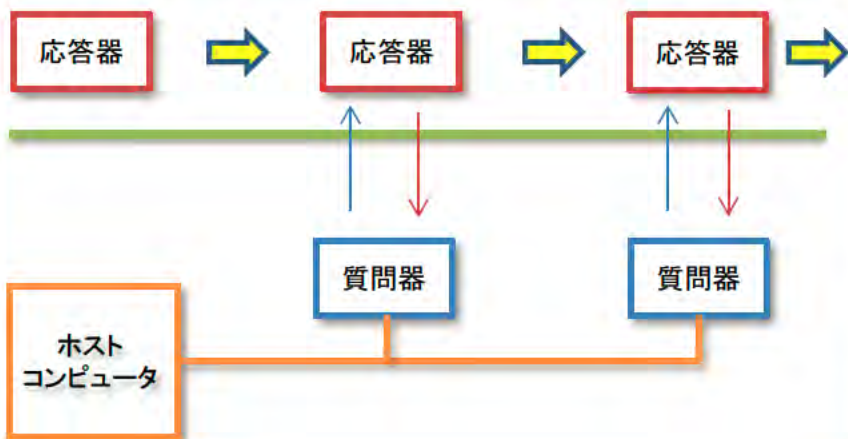
	H22	H25	備考
2.4GHz帯移動体識別(構内無線局)	732	454	減少傾向
2.4GHz帯移動体識別(構内無線局(登録局))	131	104	減少傾向
2.4GHz帯移動体識別(特定小電力無線局)	76,394(※)	590(※)	※H22(H19~H21)、H25(H22~H24)の出荷台数

## ■移動体識別のモデル



- 質問器とは、電波を発射し、又は応答器より再発射された電波を受信するための送受信装置をいう。
- 応答器とは、質問器の電波を受信し、これを内部bのデータ等により変調し、再発射する受動的な装置をいう。

## ■システム利用概念図



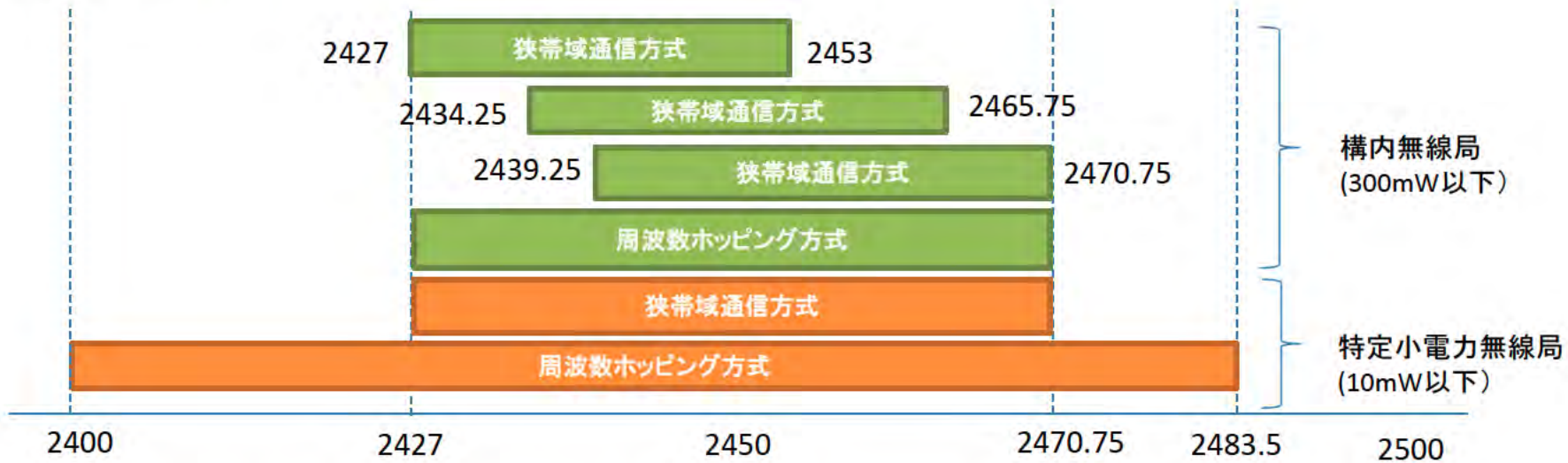
		構内無線局	特定小電力無線局		
前提条件	用途	長距離伝送	短距離伝送		
	通信距離	5m	2m		
	使用環境	屋内/屋外	屋内/屋外		
	周波数帯				
	変調方式	NON,A1D等	NON,A1D等		
	送信出力	300mW (25dBm)	10mW (10dBm)		
	アンテナ利得	質問	送信	11dBi	11dBi
			受信	11dBi	11dBi
		応答	送信	2dBi	2dBi
			受信	2dBi	2dBi
	給電線損失	送信	0dB	0dB	
		受信	0dB	0dB	
	応答器損失	10dB	10dB		
NF	13dB	13dB	参考値		
受信機雑音	-118dBm	-118dBm	参考値		
伝播マージン	10dB	10dB	タグの姿勢変動など		
干渉マージン	10dB	10dB			
干渉条件	受信帯域幅	32kHz	32kHz		
	EIRP	36dBm	21dBm	アンテナ利得 11dBi	
	耐干渉入力	-98dBm	-97dBm	アンテナ利得 (11dB) 込み	

※ RCR TR-1「移動体識別装置研究開発報告書」より参照。



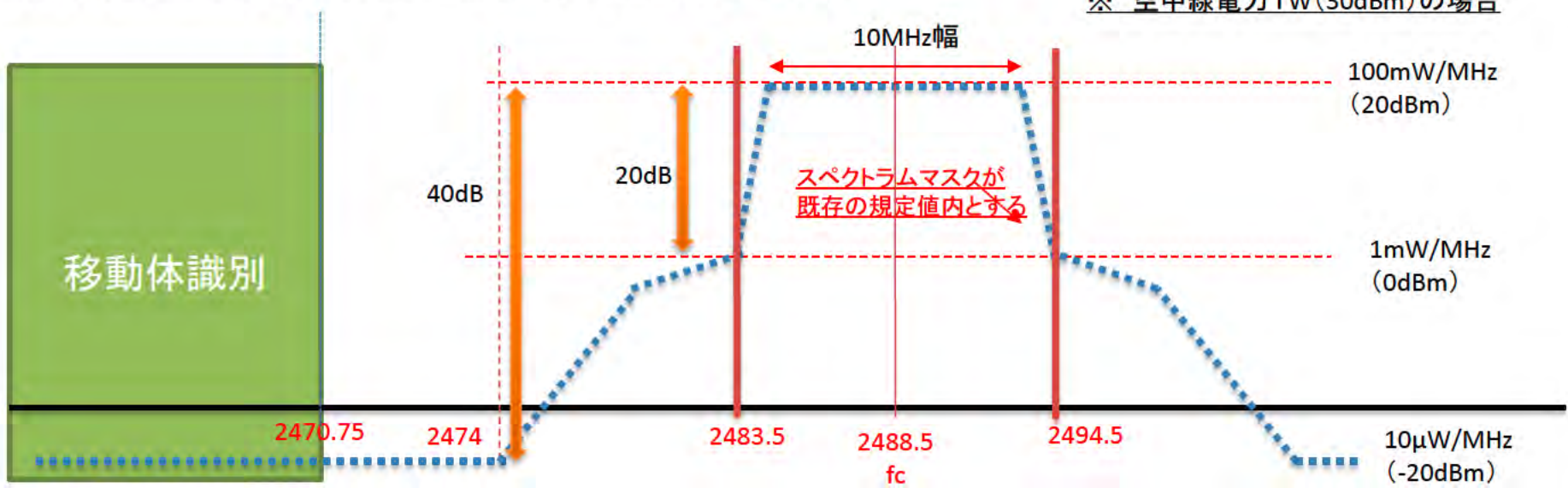
# 2.4GHz帯移動体識別の周波数

## ■使用周波数帯



## 【ロボット用候補周波数と移動体識別の使用周波数の配置関係】

※ 空中線電力1W(30dBm)の場合



## 3-1-3 VICS無線システムの概要

### VICS (Vehicle Information and Communication System: 道路交通情報通信システム)

- 道路上に設置した2.4GHz/5.8GHzの電波、光ビーコンおよびFM多重放送により、ドライバーに対して必要な情報（渋滞情報・規制情報・道路案内・駐車場情報など）を車載器（カーナビゲーション）を通してリアルタイムに提供するシステム
- 今回干渉調査の対象は、2.4GHz帯を使用した電波ビーコンおよび専用車載器

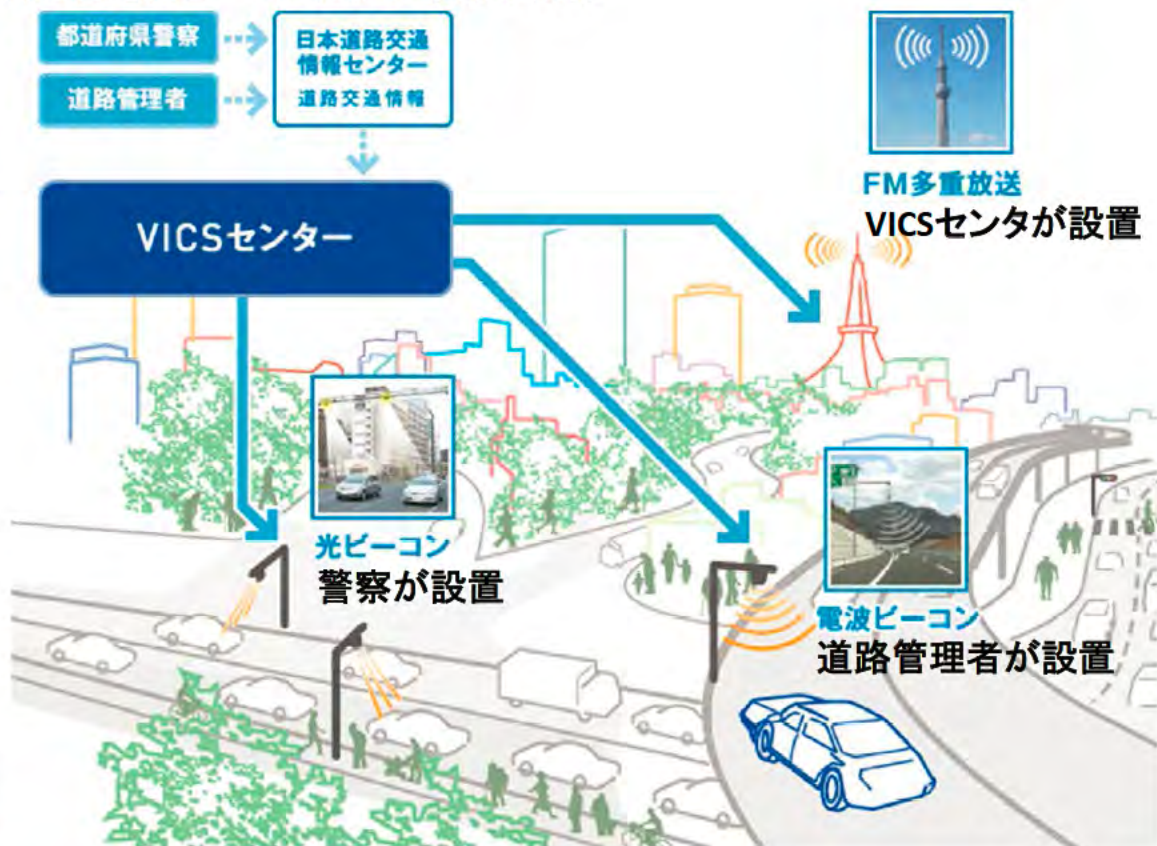
(上)アンテナ部の拡大



(中央)電波ビーコン



(下)車載器

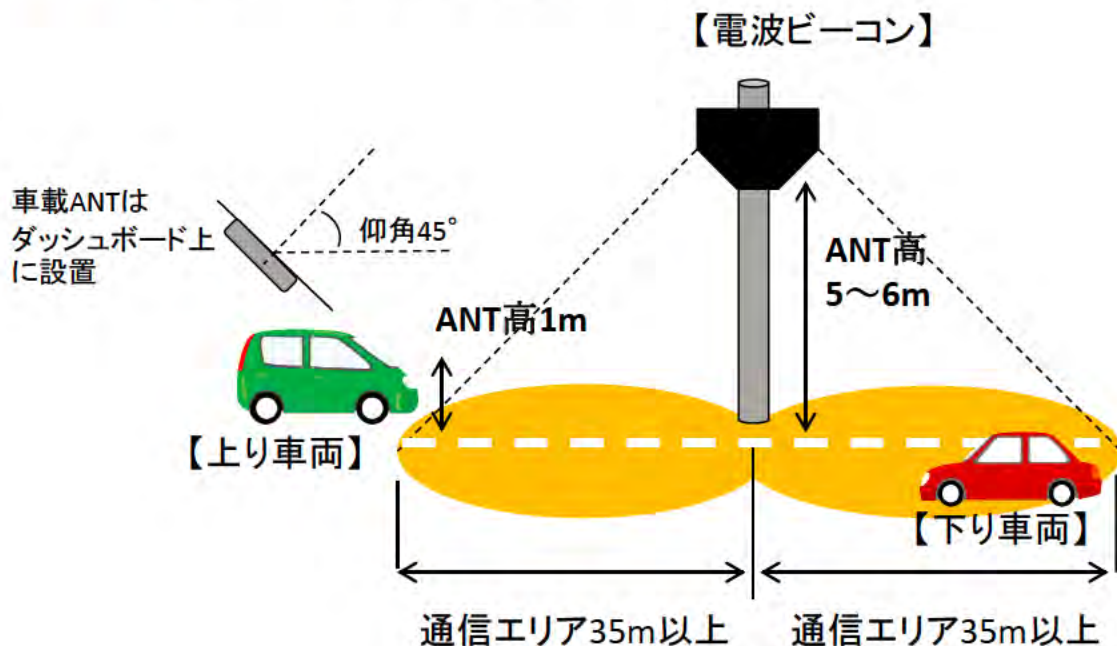


VICSの構成

※VICSセンターHP情報を一部抜粋



## ■ 電波ビーコン 通信エリア



## ■ 電波ビーコン諸元

名称	Spec値	単位
送信周波数	2.4997	GHz
送信電力	20	mW
送信電力の許容偏差	上限	20 %
	下限	50 %
送信信号	速度	64 kbps
	許容偏差	50 ppm
変調方式	データ	GMSK
	位置検出	AM
	AM変調速度	1 KHz
	AM変調度	10 %
空中線電力	0.02	W以下
帯域外漏洩電力	125kHz離調 ±42.5kHz	40 dB以下
周波数偏差	1.5	ppm
占有周波数帯域幅	85	kHz
スプリアス発射	2.5	uW以下

## ■ 運用中のシステム数量(推定)

- VICS電波ビーコン累計台数 2,936台 (平成26年4月)
- VICS車載器累計台数 4,514万台 (平成26年4月)

但し、5.8GHz帯/2.4GHz帯電波ビーコン、光ビーコンおよびFM多重の総累計台数

# 移動衛星通信システムの概要

## 3-1-4 移動衛星通信システムの概要

2. 5/2. 6GHz帯移動衛星通信システムは、静止衛星を利用して、日本全土及び近海をカバーしている。



基本サービス

		音声通話(方式)	G.729a(8kbps)
データ通信	ベストエフォート型 (パケット通信)		[上り速度]最大144kbps [下り速度]最大384kbps
	速度保証型 (64kデータ通信)		[上り速度]最大64kbps [下り速度]最大64kbps



移動衛星端末

※ 2.5GHz帯(2500~2535MHz)は、衛星から送信される電波(ダウンリンク)であり、端末受信への干渉影響を検討する。



## 3-2 周波数共用の検討結果のまとめ

既存システム名	干渉検討結果	備考
2.4GHz帯無線LAN	<p>【与干渉：ロボット⇒既存システム】 隣接ch1～ch11に対する干渉は、既存の他の無線システムとの干渉と変わらず支障はない。 また、近接のch12及び13に対する影響が大きい、ch14(日本独自バンド)のシステムとの共用を考えると、現行の他の無線システムとの影響と同等であり、共用は可能と考えられる。 ch14に対する影響は大きい、当該周波数帯を使用するシステムの出荷台数は、世界共通バンドのシステムに比べ少ないこと、また、2.4GHz帯は相互に干渉することを容認している周波数帯であることから、高出力の無線局を管理することにより共用は可能と考えられる。</p> <p>【被干渉：既存システム⇒ロボット】 ロボットとの通信距離によるが、受信感度レベルにおける通信距離では、無線LANの屋外使用(ch13)から約380mの離隔距離が必要である。</p>	既存の無線LANと同等の干渉状況であるが、ch14は比較的利用が少ないことから、ロボット側が同一周波数帯を使用する他の無線システムからの干渉を許容することにより共用可能。
構内無線局 (移動体識別)	<p>【与干渉：ロボット⇒既存システム】 離隔距離としては、約40m必要(移動体識別の屋内利用を想定した場合、壁の損失を考慮すれば約6m)であり、周波数共用は可能である。</p> <p>【被干渉：既存システム⇒ロボット】 離隔距離としては、約1.9km((移動体識別の屋内利用を想定した場合、壁の損失を考慮すれば約270m)であるが、ロボットの実運用(D/U)を想定した場合、離隔距離は30m程度となり、移動体識別のアンテナの指向性や帯域外の不要発射の実力値を踏まえ、更に軽減が図られることから、周波数共用は可能と考えられる。</p>	一般的な利用形態においては、共用可能である。
電波ビーコン (VICS：車載端末)	<p>【与干渉：ロボット⇒既存システム】 離隔距離としては、ロボット電波利用システムが10MHzシステムでは約114m、5MHzシステムでは約69mが確保できれば、共用は可能である。</p> <p>【被干渉：既存システム⇒ロボット】 離隔距離としては、ロボット電波利用システムが10MHzシステムでは約600m、5MHzシステムでは約670mが必要である。</p>	高速道路付近での運用に配慮することにより共用は可能。 ※平成34年3月31日にVICSサービスを停止する予定である。
移動衛星 (衛星⇒端末)	<p>【与干渉：ロボット⇒既存システム】 互いの位置関係を考慮しつつ、移動衛星端末が確認された場合には、ロボット側でその主ビーム方向を避けるよう運用することにより、離隔距離が500m程度確保できれば、共存は可能である。</p>	移動衛星端末との一定の離隔距離が必要であり、運用に配慮することにより、共用は可能。

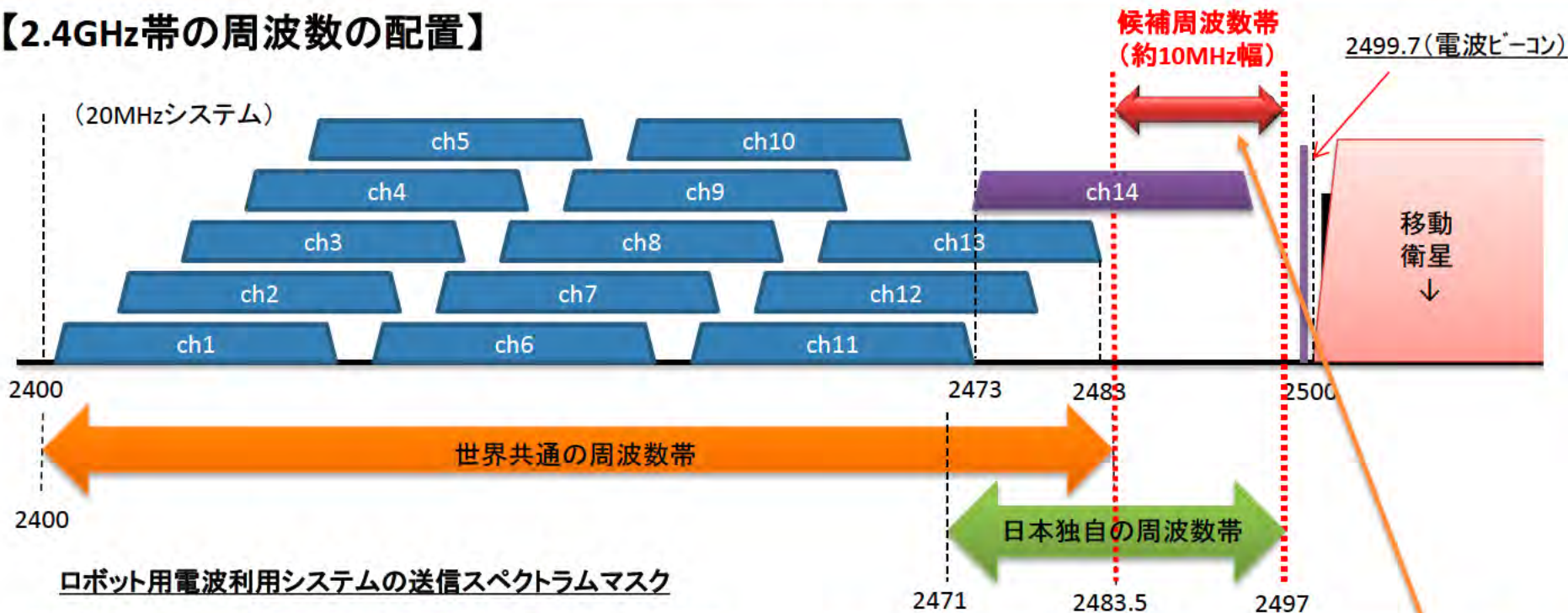
### ■共用検討のまとめ

- 既存システムとの共用検討においては、VICS及び移動衛星端末(受信)において、それぞれ100m及び500m程度の離隔距離が必要となり、ロボット用電波利用システム側において、既存無線システムの運用に配慮することにより、共用は可能と考える。
- このため、ロボット用電波利用システムにおいては、他の既存無線局の運用に配慮することを条件として、その運用を認めることとなるため、無線局の免許制を導入することが適当と考えられる。
- 2.4GHz帯の利用に当たっては、産業科学医療用(ISM)の周波数帯であることを踏まえ、これらの機器から生じる有害な混信を容認しなければならないこと、また、無線LANや他の既存無線局と隣接又は同一周波数帯を利用することから、運用場所によっては干渉が生じる可能性もある。特に上空での利用においては、コントロール系(機体の制御)での使用を控えるなど、安全性の確保に配慮したシステム構築や周波数利用を行うことが適当である。
- ロボット用電波利用システムについては、IP接続を前提として無線LAN相当の送信スペクトラムマスクにより干渉検討を行ったところであるが、当該送信スペクトラムマスクの範囲内に収まるのであれば、他の無線システムへの干渉程度は同等以下と考えられるため、無線LANの規格相当のものだけでなく、アナログ無線やデジタル無線等の利用も認めることとする。
- なお、詳細な無線設備の技術的条件については、本干渉検討結果を踏まえ、より干渉軽減を図る観点から整理を行う。(スプリアス発射の強度や周波数又は空中線電力の許容偏差など)

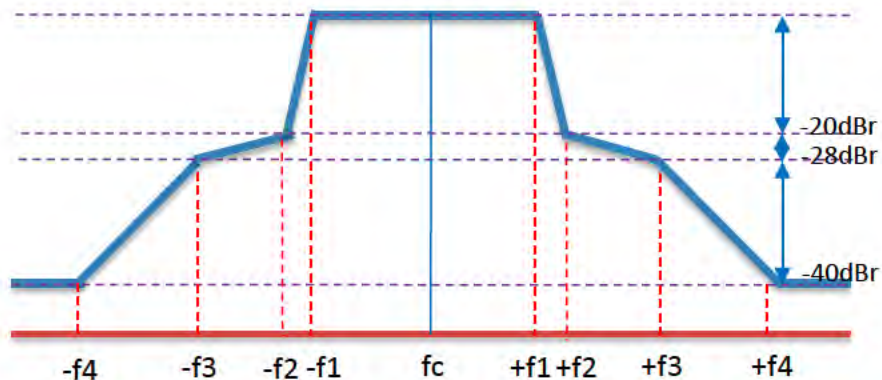


# 2.4GHz帯のロボット用電波利用システムの技術的条件①

## 【2.4GHz帯の周波数の配置】

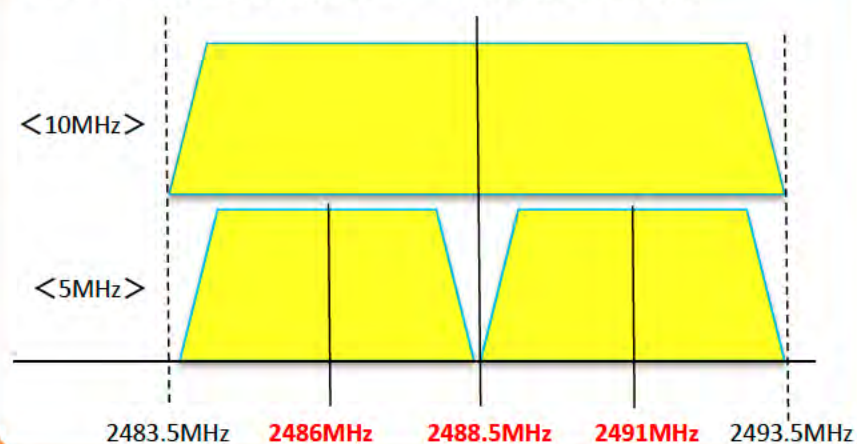


### ロボット用電波利用システムの送信スペクトラムマスク



システム	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
5MHzシステム	2.25	2.75	5	7.5
10MHzシステム	4.5	5.5	10	15

### ※ロボット用電波利用システムの周波数配置(案)



## 2.4GHz帯のロボット用電波利用システムの技術的条件②

### 2.4GHz帯ロボット用電波利用システムの無線設備の技術的条件(案) 【詳細検討中】

	上空・地上・海上利用を想定	備考
用途	テレコントロール、データ伝送、画像伝送	上空での使用は干渉を考慮しコントロールを控える。
周波数帯	10MHzシステム : 2488.5MHz 5MHzシステム : 2486MHz、2491MHz	
周波数の許容偏差	【検討中】	無線LAN(±50ppm)
通信方式	単向・同報・単信・複信	
変調方式・電波の型式	各種(デジタル・アナログ可)	
伝送容量	3M~27Mbps	
占有周波数帯幅の許容値	10MHzシステム : 9MHz 5MHzシステム : 4.5MHz	
空中線電力	1W	
空中線電力の許容偏差	【検討中】	無線LAN(+20%、-80%)
アンテナ利得	6dBi	
スプリアス発射の強度	【検討中】	共用検討結果を踏まえ整理
キャリアセンス機能	なし	
受信機の副次的に発射する強度	【検討中】	共用検討結果を踏まえ整理



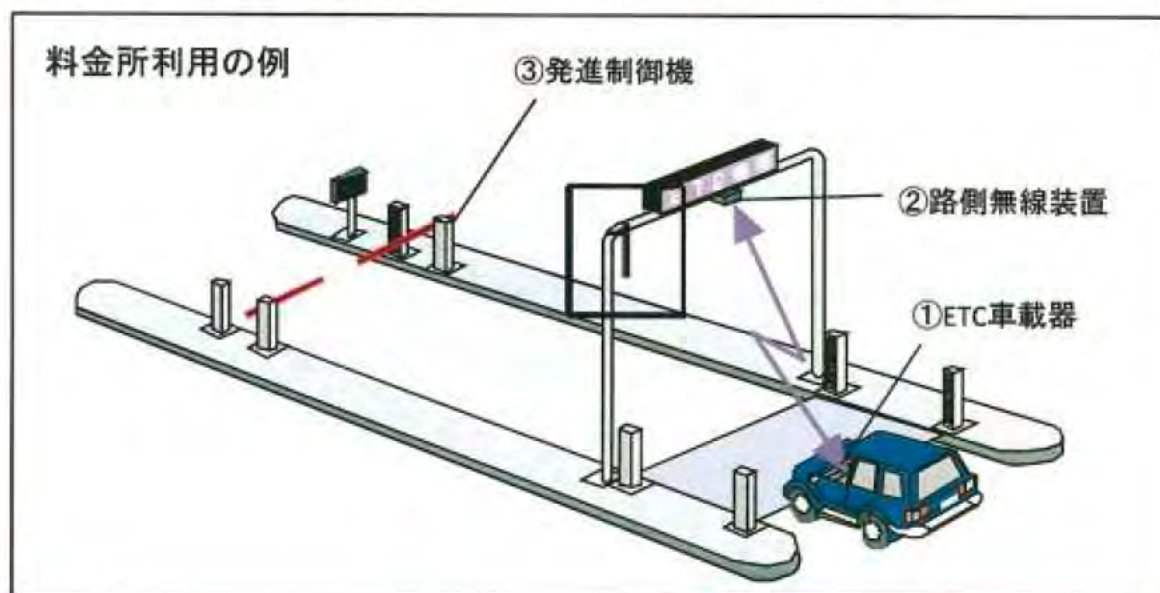
## 4-1 各種既存無線システムの概要

### 4-1-1 DSRCシステムの概要

ETCレーンを走行する車両に搭載された①ETC車載器と、②路側無線装置の間で車両情報、料金所情報、課金情報等をDSRC通信し、自動料金収受を行う。

正常に通信が完了すると③発進制御機が開き、車両はETCレーンを通過することができる。

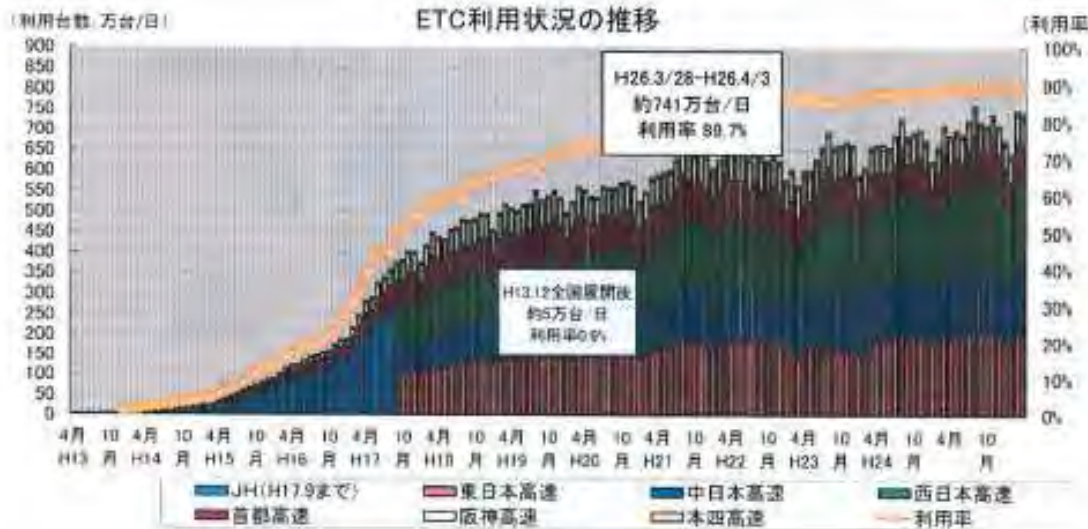
通信異常時には③発進制御機が開かず、車両はETCレーン内に停止する。



#### 【DSRC通信の要件】

- 道路及び料金所の全ての車両に対して、確実な料金収受及び安全な走行ができる高い信頼性が必要である
- 狭い通信エリアにおいて高速走行するため短時間での通信が必要であり、リトライ通信が増加されるような電波干渉等による通信品質の劣化は許容できない(ベストエフォート型ではない)

# 4 5.7GHz帯の周波数共用検討状況(中間報告)



道路会社別ETC利用率(H26.3)	
東日本高速道路株	87.1%
中日本高速道路株	91.4%
西日本高速道路株	87.1%
首都高速道路株	92.1%
阪神高速道路株	90.7%
本州四国連絡高速道路株	92.5%

ETCの利用台数は約748万台/日に達しており、利用率では89.7%となっている。(H26.3)

※高速道路6会社の合計

ETCセットアップ累計(車載器登録台数)は4,570万台を超えている。(H26.3)





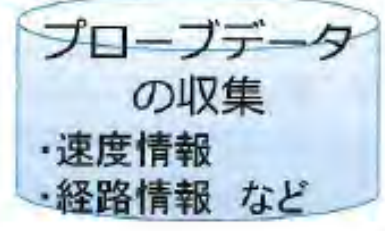
# 4 5.7GHz帯の周波数共用検討状況(中間報告)

- 2011年、全国の高速度路上を中心に、ITSスポット約1,600箇所の整備が完了し、世界初の路車間通信サービス開始。
- 道路に設置された「ITSスポット」と自動車に搭載された「対応カーナビ」との高速度・大容量通信を実現。
- 今後一般道に経路情報収集装置を設置予定。

## ITSスポット通信のイメージ



## 情報提供



## ITSスポットの設置箇所



- ・都市間高速道路については、JCT(約90箇所)の手前も含め、おおむね10~15kmおきに設置。
- ・都市内高速道路については、約4kmおきに設置。



# 4 5.7GHz帯の周波数共用検討状況(中間報告)

- “ETC2.0”では、ETC(料金収受)や渋滞回避、安全運転支援等の情報提供サービスに加え、ITSスポットを通して収集される経路情報を活用した新たなサービスを導入予定。
- 安全に関する情報提供や経路情報活用サービスを提供するため、電波干渉等による通信品質の劣化は許容できない。

## “ETC2.0”

### 情報提供サービス ※1

#### 渋滞回避支援

広域な交通情報がリアルタイムに配信  
前方の渋滞状況も静止画でお知らせ

<簡易図形>



<静止画>



#### 安全運転支援

落下物や渋滞末尾情報、前方の静止画  
など危険事象に関する情報を提供

<簡易図形>



<静止画>



### 経路情報を活用したサービス(導入予定)

- 経路情報を活用することにより、
- ・渋滞等を迂回する経路を走行したドライバーを優遇する措置
  - ・特車の経路確認と許可の弾力化
  - ・商用車の運行管理支援
- などのサービスを今後展開する予定

#### 災害時の支援

災害発生と同時に災害発生状況とあわせて、支援情報を提供

<簡易図形>



地震発生、進行中です。後方を確認しハザードランプをつけゆっくり左側に停車して下さい。



### 広がる民間サービス

今後も順次新たなサービス追加を検討

- ・車両の出入管理※2
- ・民間駐車場決済※2
- ・ドライブスルー決済
- ・観光等の情報提供など



<駐車場決済イメージ>

※2 サービス実施中

※1 これまでITSスポットサービスとして呼ばれていたサービス

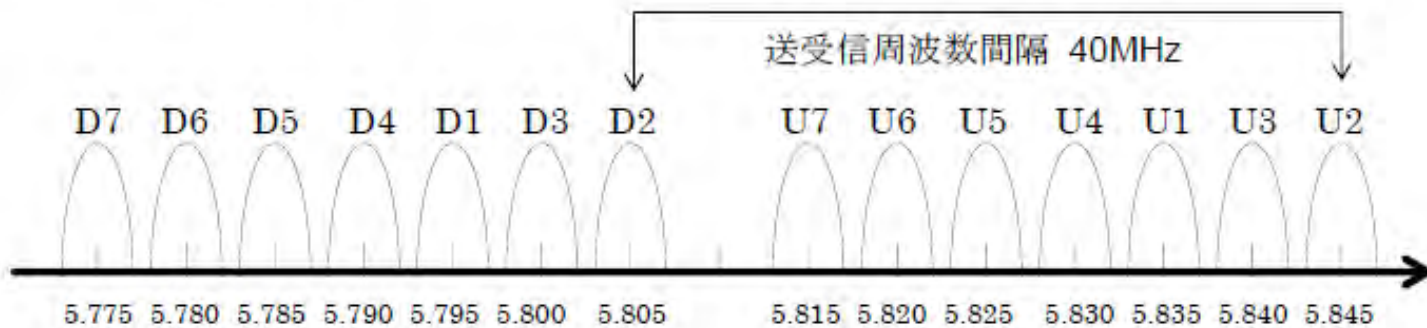


## ■ DSRCの周波数配置

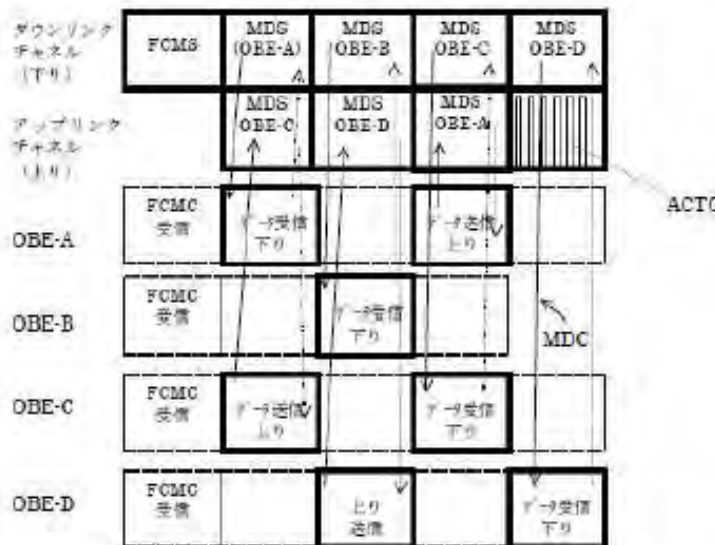
### 周波数レイアウト

D1~D7 : ダウンリンクのキャリア番号  
 U1~U7 : アップリンクのキャリア番号

D1/U1、D2/U2 : ETC周波数  
 D1/U1~D7/U7 : ITSスポット周波数



### 通信フレーム



チャンネル周波数間隔 5MHz

図 2.4.2-2 通信例 (全二重通信例)

# 4 5.7GHz帯の周波数共用検討状況(中間報告)

## ■DSRCの諸元

項目	車載器	路側機		備考	
		クラス1	クラス2		
データ通信方式	半二重の双方向	単方向、半二重もしくは全二重の双方向			
送信周波数	5815~5845MHz 5MHz間隔の7波	5775~5805MHz 5MHz間隔の7波		RECOMMENDATION ITU-R M.1453-2	
キャリア間隔		5 MHz			
送受周波数間隔		40 MHz			
占有周波数帯域幅		4.4 MHz			
多重方式		TDMA-FDD		RECOMMENDATION ITU-R M.1453-2	
変調方式		ASK、 $\pi/4$ シフトQPSK		Annex1 2.1	
変調信号	ASK: 1.024 Mbps (スプリットフェース符号)、 $\pi/4$ シフトQSPK: 4.096 Mbps (NRZ符号)				
空中線電力		10 mW以下	300 mW以下		
出力精度	+50%, -50%以内	+20%, -50%以内			
最大e.i.r.p (*1)	20 dBm e.i.r.p	30 dBm e.i.r.p	44.7 dBm e.i.r.p		
隣接波漏洩電力	隣接CH: -30dB以下、隣隣接CH: -40dB以下				
キャリアオフ時の漏洩電力	2.5 uW以下				
帯域外領域における スプリアス発射強度	25 uW以下			帯域外領域及びスプリアス領域 の境界の周波数 ±12.2MHz	
スプリアス領域における 不要発射	2.5 uW以下	25 uW以下			
受信感度(規格感度)	-60 dBm	-65 dBm	-75 dBm	ビット誤り率 $1 \times 10^{-5}$	
隣接波 選択度	10MHz離調 30MHz離調 50MHz離調	15 dB 20 dB 20 dB	20 dB 20 dB 20 dB	ビット誤り率 $1 \times 10^{-5}$ と なる 妨害波レベルと(規格感度 +3dB)の比	
スプリアス レスポンス	ISM帯域内 ISM帯域外	24 dB 18 dB	28 dB 16 dB	30 dB 18 dB	
副次発射	2.5 uW以下				
準拠規格	ARIB STD-T75 1.5版 但し、*1の最大e.i.r.pは、電波法施行規則および電波法設備規則に記載された空中線電力および 空中線利得を使用				

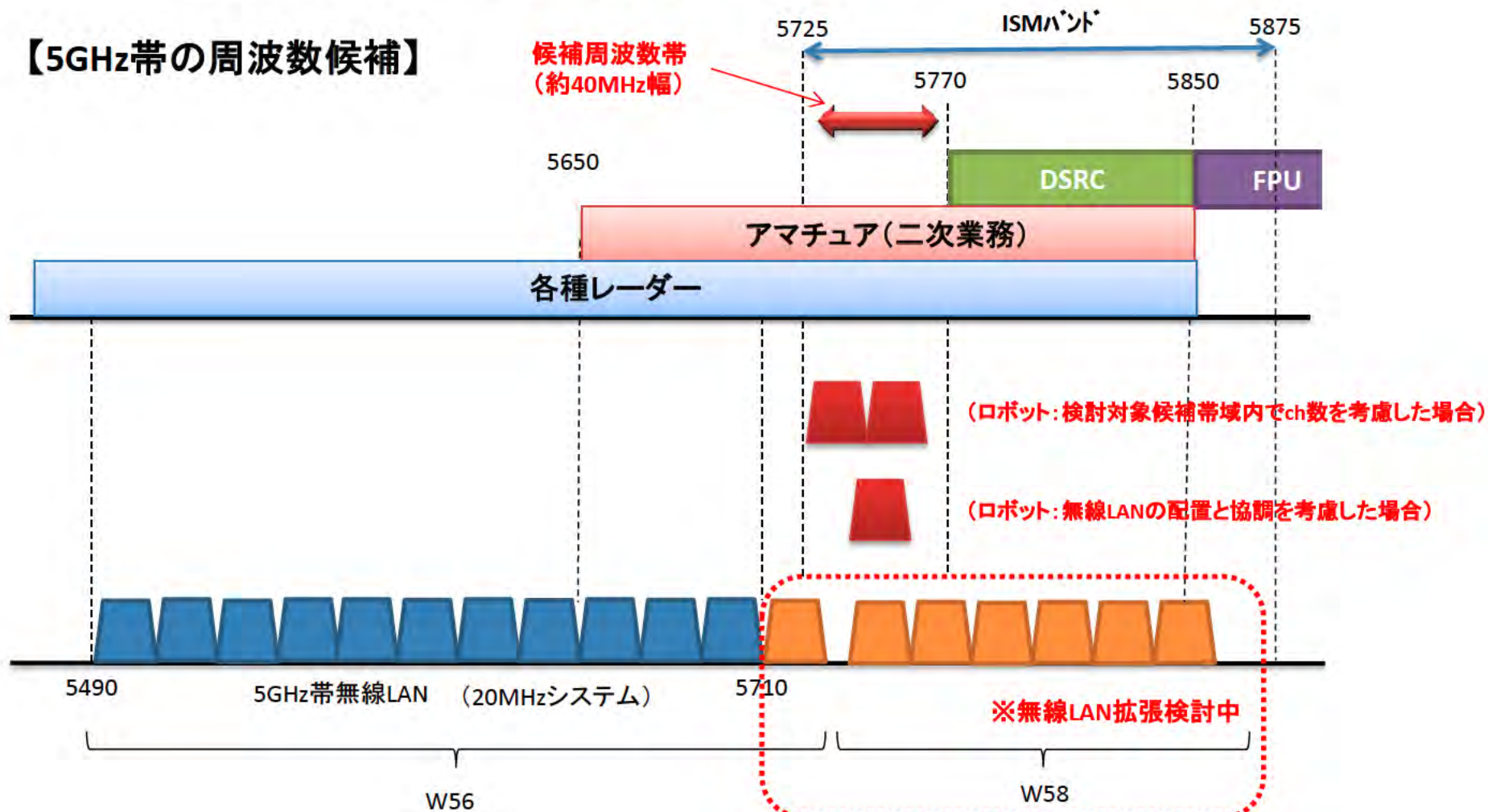


## 4-2 周波数共用の検討状況

### 5-2-1 干渉検討における留意事項

ロボット用電波利用システムの周波数の配置は、技術的観点、コスト的観点及び国際協調性の観点を踏まえ、無線LANのチャンネル配置と協調することが望ましいのではないか。

### 【5GHz帯の周波数候補】



## 4 5.7GHz帯の周波数共用検討状況(中間報告)

### 4-2-2 無線LANとの共用検討状況

#### (1) 与干渉検討(ロボット⇒無線LAN)

現時点での対象無線LANシステムはW56であるが将来追加されるであろうW58についても検証した。

- ① W56とは約35MHzオフセットしているため、一定の離隔距離は必要であるが、運用上支障はなく共用は可能と考えられる。
- ② W58とは隣接または同波干渉が考えられるが、現在、周波数拡張の検討中であり、今後の無線LANの運用場所(屋内又は屋外)を踏まえ、検討が必要である。

	干渉ch	W56 5700MHz	W58隣接ch	W58 同波ch
屋外通信における与干渉	200mWeirpから	24m	51m	3,013m
	1Weirpから	54m	338m	6,745m
屋内通信における与干渉 (屋外からの遮断損は17dBとする)	200mWeirpから	3m	21m	429m
	1Weirpから	8m	48m	955m

#### (2) 被干渉検討(無線LAN⇒ロボット)

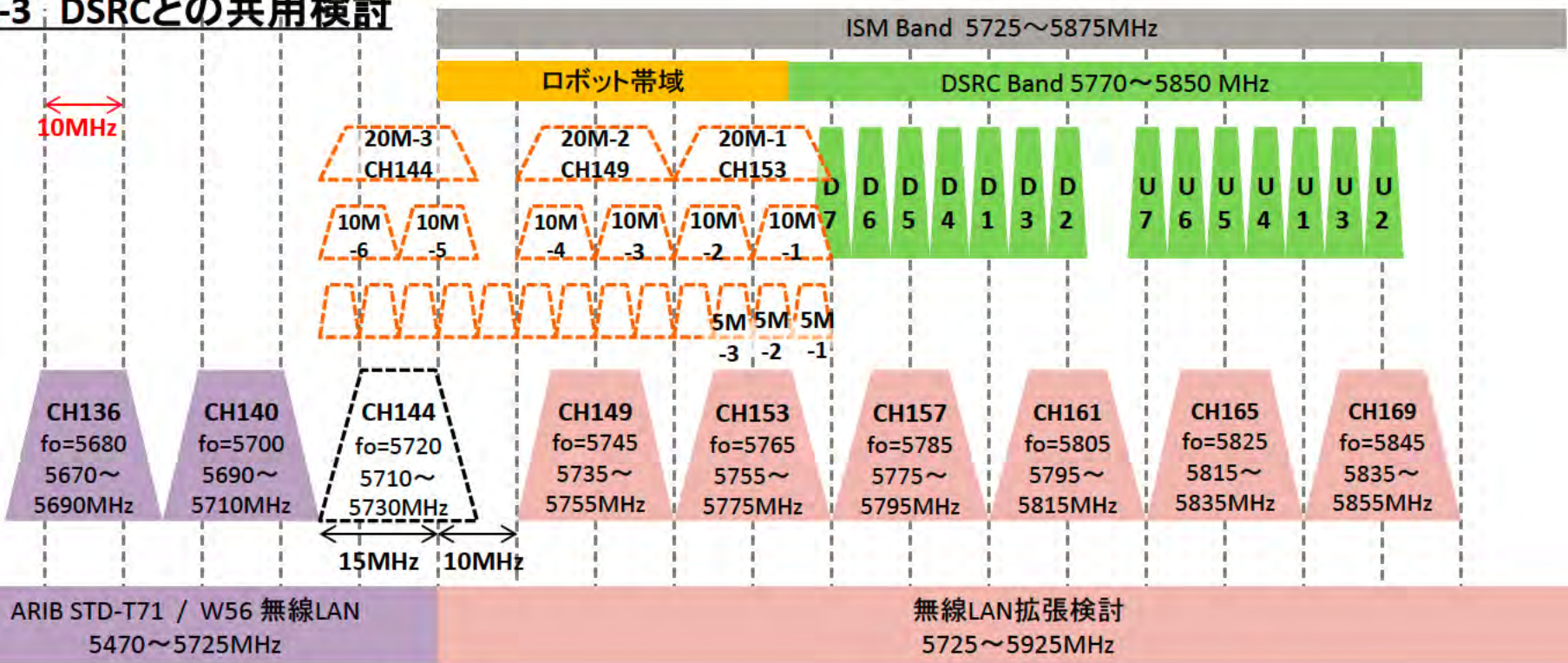
- ① W56からの干渉は、一定の離隔距離は必要であるが、運用上支障はなく共用は可能と考えられる。
- ② W58の3周波とは隣接または同波干渉が考えられるが、現在、周波数拡張の検討中であり、今後の無線LANの運用場所(屋内又は屋外)を踏まえ、検討が必要である。

干渉ch	屋外通信における被干渉	屋内通信における被干渉 (屋外からの遮断損は17dBとする)
W56 5700MHzから	37m	5m
W58隣接chから	233m	33m
W58 同波chから	4,658m	658m
1Weirp(同波ch)から	10,427m	1,473m



# 4 5.7GHz帯の周波数共用検討状況(中間報告)

## 4-2-3 DSRCとの共用検討



### • CH組合せと離調周波数

ロボット周波数CH	DSRC周波数CH													
	D7	D6	D5	D4	D1	D3	D2	U7	U6	U5	U4	U1	U3	U2
20M-1(CH153)	0	15	20	25	30	35	40	50	55	60	65	70	75	80
20M-2(CH149)	30	35	40	45	50	55	60	70	75	80	85	90	95	100
20M-3(CH144)	50	55	60	65	70	75	80	90	95	100	105	110	115	120
10M-1	0	10	15	20	25	30	35	45	50	55	60	65	70	75
10M-2	15	20	25	30	35	40	45	55	60	65	70	75	80	85
10M-3	25	30	35	40	45	50	55	65	70	75	80	85	90	95
5M-1	0	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	42.5	47.5	52.5	57.5	62.5	67.5	72.5
5M-2	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	37.5	47.5	52.5	57.5	62.5	67.5	72.5	77.5
5M-3	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	37.5	42.5	52.5	57.5	62.5	67.5	72.5	77.5	82.5

- 送信マスク減衰量 0dB  
受信フィルタ減衰量 0dB
- 送信マスク減衰量 20dB  
受信フィルタ減衰量 40dB
- 送信マスク減衰量 28dB  
受信フィルタ減衰量 40dB
- 送信マスク減衰量 40dB  
受信フィルタ減衰量 25dB
- 送信マスク減衰量 40dB  
受信フィルタ減衰量 40dB

# 4 5.7GHz帯の周波数共用検討状況(中間報告)

## 【DSRCの共用検討のまとめ】

- 複数種類あるDSRCシステム(路側機モデル)のうち、フリーフローETCとITSスポットの必要離隔距離をロボットとの共存条件とする。
  - DSRC基地局に与える干渉では、クラス2(受信感度-75dBm)、アンテナ俯角が浅く設置された基地局において、必要離隔距離が大きくなる。
  - 車載器に与える干渉では、受信感度およびアンテナ仰角は一樣のため、必要離隔距離はDSRCアプリケーション(通信エリア)に依存しない
- ロボットに割当て可能な干渉雑音量はI/N=-10dB(干渉雑音電力の3%に相当)とする。
- 必要離隔距離および所要改善量(目標離隔距離100mに対する)は以下の通りである。

ロボット周波数CH	干渉電力	必要離隔距離							所要改善量(上段:UL/下段:DL)						
		DSRC周波数CH							DSRC周波数CH						
		7ch	6ch	5ch	4ch	1ch	3ch	2ch	7ch	6ch	5ch	4ch	1ch	3ch	2ch
20M-1(CH153)	1We.i.r.p	6.2km	0.8km						18dB/35.8dB	18dB/16dB	18dB/8.9dB	18dB/3.1dB			
20M-2(CH149)															
10M-1		9km	0.88km						18.8dB/39.1dB	18.8dB/11.6dB	18.8dB/3.9dB				
10M-2以降															
5M-1		12.7km	1.06km						20.1dB/42.1dB	20.1dB/17.3dB	20.1dB/5.2dB				
5M-2															
5M-3以降															
20M-1(CH153)	0.2We.i.r.p	2.7km	0.32km						11dB/28.6dB	11dB/8.8dB	11dB/1.7dB	11dB/-3.9dB			
20M-2(CH149)															
10M-1		4.1km	0.39km						11.8dB/32.1dB	11.8dB/4.6dB	11.8dB/-3.1dB				
10M-2以降															
5M-1		5.7km	0.45km						13.1dB/35.1dB	13.1dB/10.3dB	13.1dB/-1.8dB				
5M-2															
5M-3以降															



### 4-2-4 5.7GHz帯における検討課題

- 汎用性のある無線デバイスを考慮した場合、無線LANの配置が適当であるが、現行の検討候補周波数帯内では、20MHz幅で1チャンネルしか確保できないことから、必要なチャンネル数を確保するため、更なる検討対象周波数帯及び周波数配置等の検討及び既存無線システムとの共用検討が必要である。
- 無線LANとの共用検討においては、現在、拡張検討しているW58等の周波数の利用形態(屋内又は屋外)を考慮する必要がある。
- DSRCとの共用検討においては、実運用上の観点も含めて共用の可能性について、更に詳細な検討が必要である。また、必要に応じてロボット用電波利用システムにおける干渉軽減方策について検討が必要である。