

# 4K・8K-FPUと既存無線システムの共用検討結果 (概要版)

---

2016年11月28日

一般社団法人電波産業会

素材伝送開発部会／地上無線素材伝送作業班

マイクロ波帯UHDTV-FPU検討タスクグループ

# 1.本検討の概要

## ■ 共用検討の考え方

提案されている4K・8K-FPUは、現行FPUの技術基準（空中線電力、占有周波数帯幅、サイドローブ特性、スプリアス発射、不要発射の強度の許容値等）を越えるものではないので、他の無線システムへの与干渉について、新たな検討は不要であると考えられる。しかし、4K・8K-FPUの所要C/Nが現行FPUと異なることから、4K・8K-FPUが被干渉側となる場合についてのみ共用検討を実施する。

検討対象の既存無線システム

既存無線システム	周波数
狭帯域無線システム（DSRC）	5,770 - 5,850MHz
固定衛星業務（アップリンク）	5,850 - 6,485MHz
電気通信業務（6GHz帯）	5,925 - 6,425MHz
公共業務（6.5GHz帯）	6,570 - 6,870MHz
映像STL/TTL・TSL	B,C,D,E,F,G,M,Nバンド
現行FPU	B,C,D,E,F,Gバンド

## ■ 共用検討（干渉計算）の方法

- 所要D/Uを実験または机上により求める
- 適切な干渉検討モデルを設定し所要離隔距離を計算する
- 共用方策を考察する

# 検討条件（所要D/U）

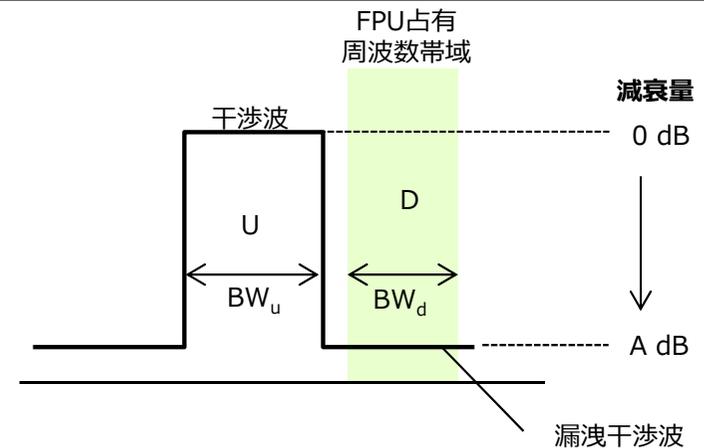
- DSRC、固定衛星業務、電気通信業務、公共業務については机上で所要D/Uを求める。  
4K・8K-FPUの所要C/Iと、帯域内干渉波電力（スペクトルマスク等から見積）から、所要D/Uを計算する。

## 所要D/Uの計算方法

$$\text{所要D/U} = \text{所要C/I} - A + 10\log_{10}(BW_d/BW_u) \quad (1)$$

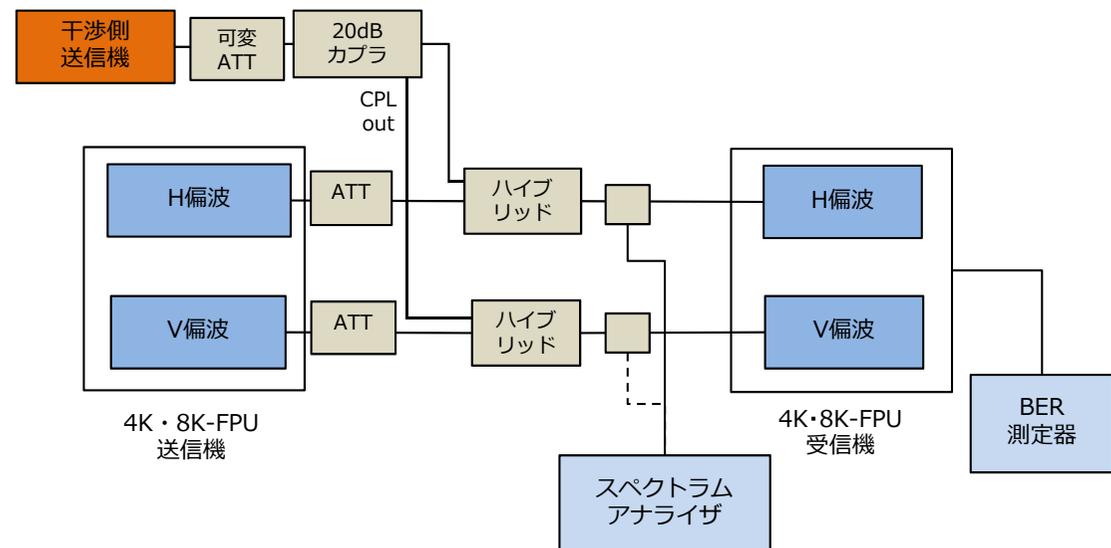
所要C/I（運用モデルごと）

固定中継（標準伝送）	34.4dB（1024QAM R=2/3）
固定中継（高品質伝送）	44.4dB（4096QAM R=5/6）
移動伝送	28.5dB（64QAM R=5/6）



- 放送事業用システム（映像STL/TTL・TSL、現行FPU）については実験で所要D/Uを求める。

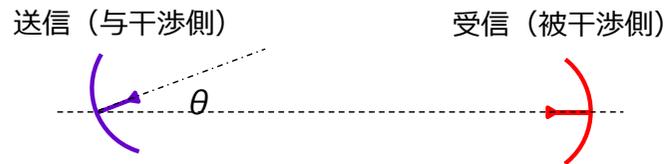
右の測定系で、所望波電力と干渉波電力を読みとりながら、D/Uを可変減衰器（ATT）で調整し、エラーフリーとなる最小のD/Uを所要D/Uとする。



# 検討条件（所要離隔距離）

- 求めた所要D/Uから、既存無線システムのEIRP、4K・8K-FPUの受信空中線利得と標準受信入力を用いて、所要離隔距離を計算する。
  - 標準受信入力は、「マイクロ波帯4K・8K用FPUの技術的条件に関する検討報告書（案）」の回線設計例の値を用いる
    - 固定（標準伝送） -55dBm
    - 固定（高品質伝送） -45dBm
    - 移動伝送 -62dBm
  - 受信空中線利得は、「マイクロ波帯4K・8K用FPUの技術的条件に関する検討報告書（案）」の回線設計例の値を用いる
  - 伝搬は、基本的には自由空間伝搬を仮定する
- 既存無線システムの送信空中線、4K・8K-FPUの受信空中線放射パターンから、互いの空中線が正対から外れた場合の所要離隔距離も評価する。

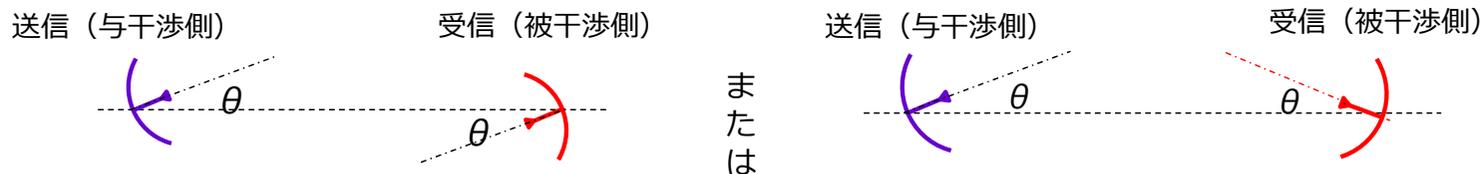
①被干渉側の位置および向きを変えて、与干渉側の空中線に角度が付く場合



②被干渉側の空中線に角度を付ける場合



③被干渉側の位置および向きを変えて、双方の空中線に角度が同様に付く場合



# 結果 (DSRC)

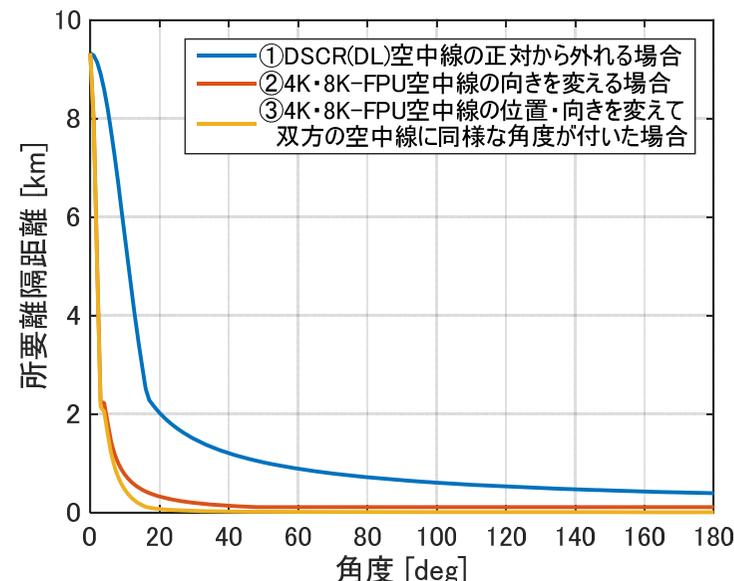
## ■DSRC (チャンネルB1と隣接)

### 移動局

モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対) [km]
固定中継 (標準伝送)	0.7	0.31
固定中継 (高品質伝送)	10.7	0.31
移動中継	-5.1	0.15

### 基地局

モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対) [km]
固定中継 (標準伝送)	0.4	9.3
固定中継 (高品質伝送)	10.4	9.3
移動中継	-5.5	4.6



空中線の向きを考慮した所要離隔距離

※ (正対) … 既存無線システム送信空中線と4K・8K-FPU空中線が正対した場合で、グラフ上では角度0°のとき。

空中線が正対した場合 (角度 = 0°) は、DSRC移動局に対しては310m、DSRC基地局に対しては9.3km以上離隔する必要がある。DSRC移動局はDSRC基地局の下でのみ電波を発射することから、DSRC基地局からの干渉のみを考えれば十分である。

上の図より、互いの空中線が正対しないように角度をつけてFPU受信機を設置すれば、所要離隔距離は大きく減少する。一般的にFPUは見通し運用を行うため、DSRC基地局の取り付け建造物等を受信方向にしないように、また往来する車両の影響を受けないように、FPU受信機をある程度の高所に設置する。このため、実際に干渉が発生する領域は少ないと考えられ、共用は可能と考える。

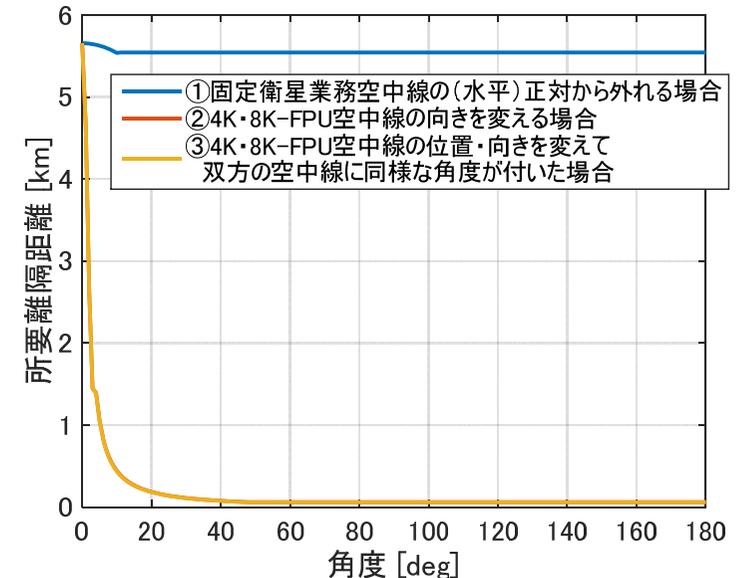
# 結果（固定衛星業務）

## ■固定衛星業務（チャンネルC1～C4と同一周波数）

モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対) [km]
固定中継（標準伝送）	38.3	4.8
固定中継（高品質伝送）	49.7	5.7
移動中継	34.8	3.1

空中線が正対した場合（角度 = 0°）は、5.7km以上の離隔が必要であるが、例えば、受信方向が地球局方向から6°離れば、1km以下となる。

本干渉については、地球局が位置する特定の地域で発生し得るものであり、4K・8K-FPUの受信運用を行う場合は、予め干渉の可能性を念頭において設置場所を選択することで、共用できるものとする。



空中線の向きを考慮した所要離隔距離

※上記グラフの赤線②は、橙色線③と重なっている

# 結果（電気通信業務）

## ■電気通信業務（B、Cバンド隣接）

### 36.5MHzシステム

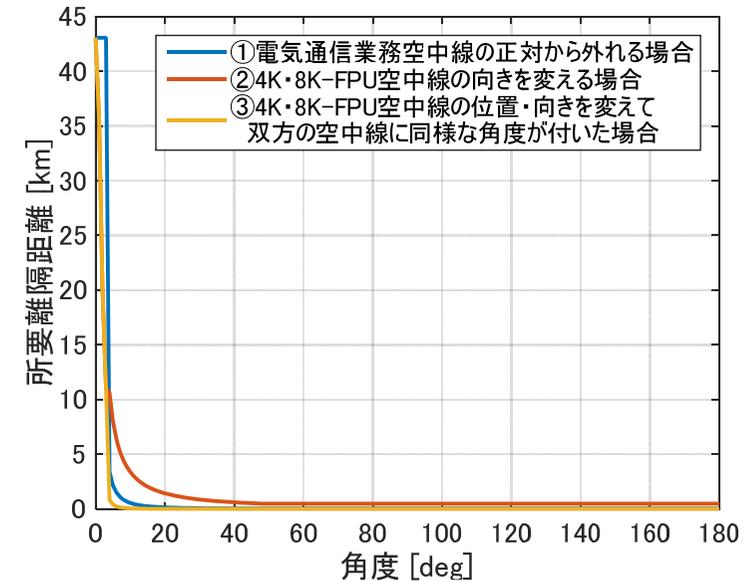
モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対) [km]
固定中継（標準伝送）	-17.3	28.4
固定中継（高品質伝送）	-3.7	43.1
移動中継	-18.0	25.4

※所要離隔距離の計算において、干渉波（電気通信業務）のEIRPの値は、実際の送信局EIRPの累積分布90%値を用いた。

空中線が正対した場合（角度=0°）は、43.1km以上の離隔が必要であるが、空中線の向きがずれば、急激に所要離隔距離は小さくなる。

干渉波のEIRPの値は、送信局によって様々であり、場合によっては所要離隔距離がこれより大きくなる場合もあるが、累積分布が示す通り、そのケースは少ない。またその場合でも、海上伝搬など特殊な環境で、FPUを運用する可能性は低いと考えられる。空中線が正対する可能性が低いことも併せて考えれば、所要離隔距離が数十km以上となるケースはほとんどないと思われる。

したがって、4K・8K-FPUの実際の運用に支障をきたすことは考えにくく、共用可能と考える。



空中線の向きを考慮した所要離隔距離

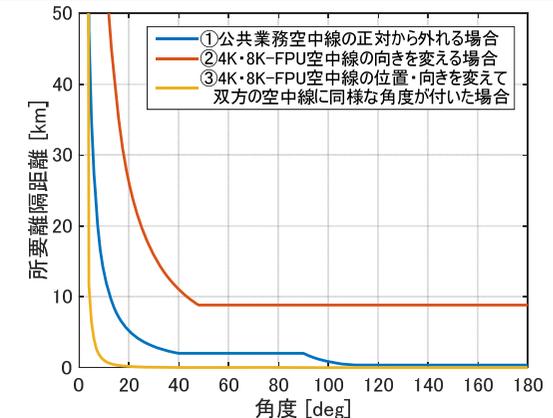
# 結果（公共業務）

## ■公共業務（C、Dバンド隣接）

28.5MHzシステム→隣接チャンネルC8への干渉の場合

モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対) [km]
固定中継（標準伝送）	-3.8	468.4
固定中継（高品質伝送）	10.9	804.7
移動中継	-1	624.7

※ 28.5MHzシステム→隣接チャンネルD1への干渉の場合も同様

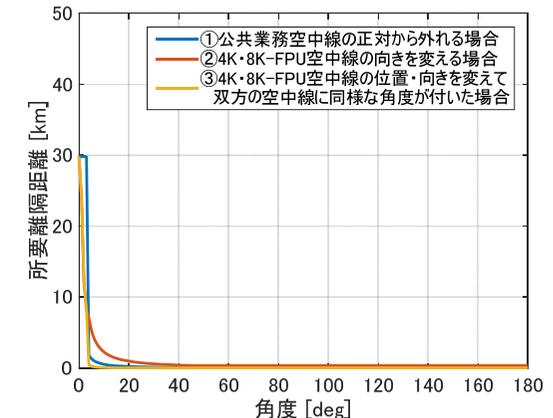


空中線の向きを考慮した所要離隔距離

9.5MHzシステム→チャンネルC6への干渉の場合

モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対) [km]
固定中継（標準伝送）	-30.7	21.3
固定中継（高品質伝送）	-17.2	31.8
移動中継	-31.6	18.5

※ 9.5MHzシステム→チャンネルD6への干渉の場合も同様



空中線の向きを考慮した所要離隔距離

### ◎隣接チャンネルC8、D1の場合（公共業務に隣接したチャンネル）

空中線が正対した場合（角度=0°）は、C8の場合800km、D1の場合200km程度の離隔が必要であるが、空中線の向きをずらすと急激に離隔距離は減少する。しかし、空中線の向きを大きくずらしても大きな離隔距離が必要となり、FPUの受信場所に制限を受けることとなる。実際の周波数運用形態を考慮し、C6、D6の場合について検討する。

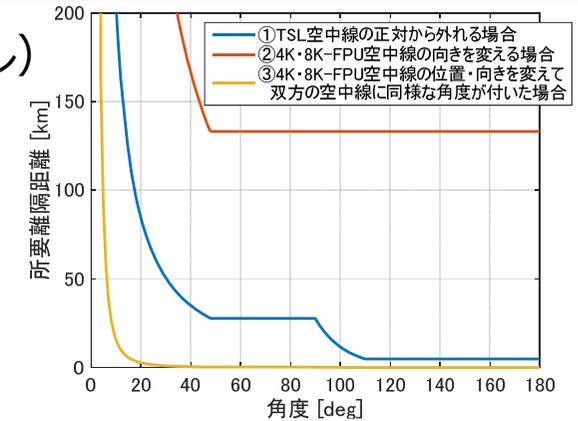
### ◎チャンネルC6、D6の場合（移動局に割り当てられた中で最も近接したチャンネル）

空中線が正対した場合（角度=0°）は、30km程度の離隔が必要であるが、互いの空中線の向きをずらすと離隔距離は大きく減少するため、共用は可能と考える。

# 結果（映像STL/TTL・TSL）

## ■映像STL/TTL・TSL（B,C,D,E,F,Gバンド隣接、同一チャンネル） 同一チャンネル（映像TSL）

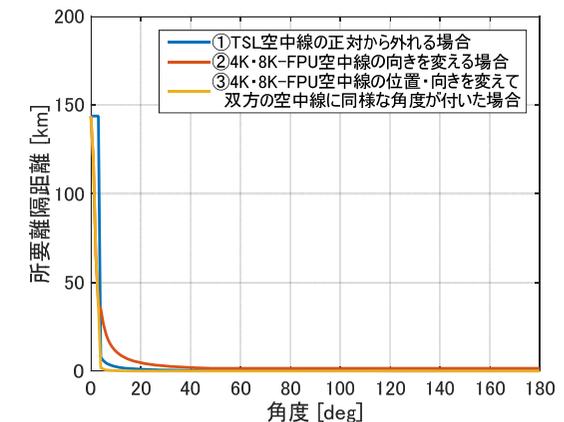
モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対) [km]
固定中継（標準伝送）	16.8	7977.1
固定中継（高品質伝送）	30.4	12073.8
移動中継	15.9	6947.8



空中線の向きを考慮した所要離隔距離

## 隣接チャンネル（映像TSL）

モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対) [km]
固定中継（標準伝送）	-21.2	100.7
固定中継（高品質伝送）	-8.1	143.9
移動中継	-27.8	45.5



空中線の向きを考慮した所要離隔距離

### ●同一チャンネルの場合

空中線が正対した場合（角度=0°）は、計算上1万km程度\*の離隔が必要である。空中線の向きがずれている場合でも、共用可能となる場所は③の場合に限られ、運用条件が現実的でないことから、共用は厳しいと考えられる。実際の周波数運用形態を考慮し、隣接チャンネルの場合について検討する。

### ●隣接チャンネルの場合

空中線が正対した場合（角度=0°）は、STL/TTLで88km、TSLで144km以上の離隔が必要であるが、互いの空中線の向きをずらすと①～③の全ての条件で急激に離隔距離は減少する。空中線が正対する可能性は小さく、またSTL/TTL、TSLは放送事業用システムであるため、これらからの干渉を避けて運用することが可能である。したがって、隣接チャンネル関係の場合は共用可能と考える。

以上から、4K・8K-FPUとSTL/TTL、TSLが共用するためには、異なる周波数帯での運用が必要となる。

\*実際には、大地が球面であること等による見通し外となるため、送受信局の高さにもよるが50~100km程度と推定

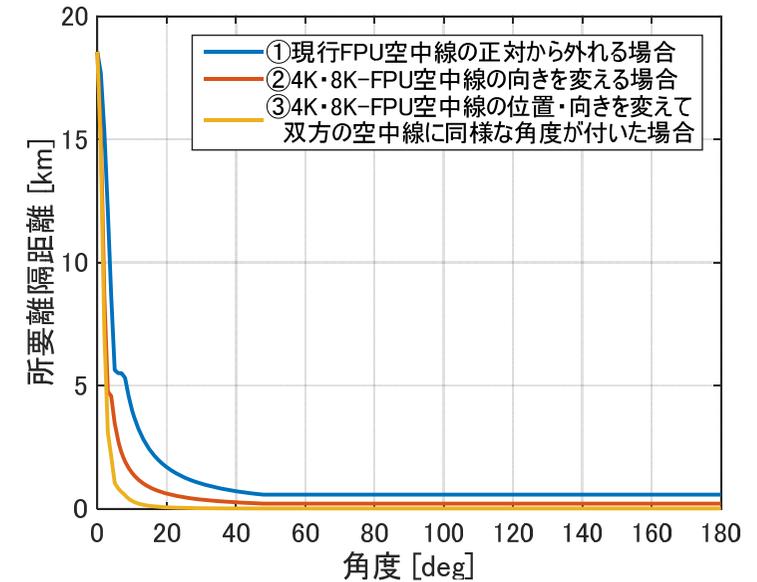
# 結果（現行FPU）

## ■現行FPU（B,C,D,E,F,Gバンド内隣接） シングルキャリア方式

モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対) [km]
固定中継（標準伝送）	-21.2	6.4
固定中継（高品質伝送）	-8.1	9.2
移動中継	-27.8	2.9

## OFDM方式

モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対) [km]
固定中継（標準伝送）	-20.8	12.3
固定中継（高品質伝送）	-7.2	18.6
移動中継	-27.8	5.3



空中線の向きを考慮した所要離隔距離

空中線が正対した場合（角度 = 0°）は、18.6km以上の離隔が必要であるが、互いの空中線の向きをずらすと急激に離隔距離は減少する。

現行FPUの受信電力は標準受信入力である-55dBm程度になるよう、送信側で空中線電力もしくは空中線利得を調整する。一方、4K・8K-FPUは-45dBm程度の受信電力を確保して運用することとなるため、正対した場合でも、一般的にD/Uが10dB程度になり、所要D/Uの-7dBを大きく上回るため、実質的には干渉問題は発生しない可能性が高い。

また、上記のケースに当てはまらない場合でも、現行FPUと同様に放送事業者間の運用調整により干渉を回避することが可能である。以上より共用可能と考えられる。

# 共用検討結果概要

---

- 4K・8K-FPUを被干渉として、既存無線システムとの所要D/Uを机上あるいは実験で求め、所要離隔距離を計算した。
- 既存無線システムごとに異なるが、一般的に、互いの空中線が正対した場合は所要離隔距離が大きくなり、最大で100km以上の離隔が必要だが、角度をずらせば大幅に所要離隔距離が小さくなる。
- 互いの空中線が正対しないように4K・8K-FPUの位置や空中線の角度を調整することが可能であることから、これら既存無線システムとの共用は可能と考える。