

# 4K・8K-FPUと既存無線システムの共用検討結果

---

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

# 内容

---

1. 本共用検討の概要
2. 検討結果（要旨）
3. 干渉検討における共通条件
4. 既存無線システムごとの検討結果
  1. DSRC
  2. 固定衛星業務（アップリンク）
  3. 電気通信業務
  4. 公共業務
  5. 映像STL/TTL、TSL
  6. 現行FPU

# 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

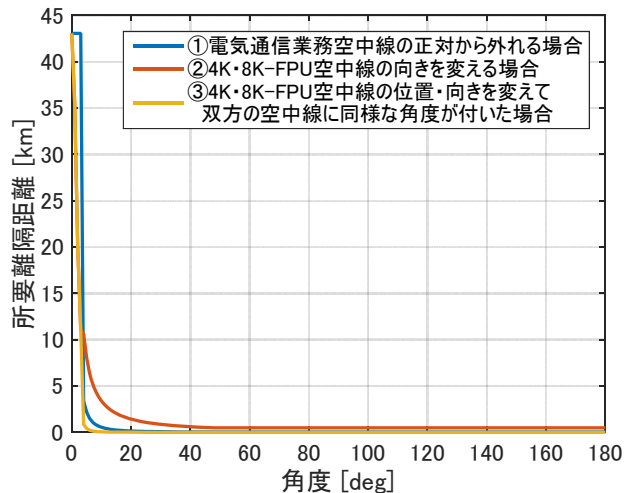
既存無線システム	周波数
狭帯域無線システム（DSRC）	5,770 – 5,850MHz
固定衛星業務（アップリンク）	5,850 – 6,485MHz
電気通信業務（6GHz帯）	5,925 – 6,425MHz
公共業務（6.5GHz帯）	6,570 – 6,870MHz
映像STL/TTL・TSL	B,C,D,E,F,G,M,Nバンド
現行FPU	B,C,D,E,F,Gバンド

## ■ 共用検討（干渉計算）の方法

- 所要D/Uを実験または机上で求める
- 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
- 上記により共用可能性を考察する

## 2. 検討結果（要旨）

- 各既存無線システムにおいて求めた所要D/Uと、これに基づいて干渉側送信空中線と4K/8K-FPU受信空中線が正対した場合の所要離隔距離を算出した結果を右表に示す。
- 互いの空中線が正対した場合は、最大で100km以上の離隔距離が必要だが、角度をずらせば下図の例のように所要離隔距離が小さくなる。
- 総じて、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。



空中線の向きが正対からずれた場合の所要離隔距離  
 （電気通信業務の例）

既存無線システム	モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対の場合) [km]
DSRC移動局 (B1隣接)	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
DSRC基地局 (B1隣接)	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
固定衛星業務 (C1~C4共用)	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
電気通信業務 (C1隣接)	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
公共業務 (6GHz帯) (CバンドとDバンドの隣接)	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
STL/TTL,TSL (B,C,D,E,F,Gバンド内隣接)	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
現行FPU OFDM方式 (B,C,D,E,F,Gバンド内隣接)	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

# 3. 共通検討条件

## 所要D/Uを机上で求める場合

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。

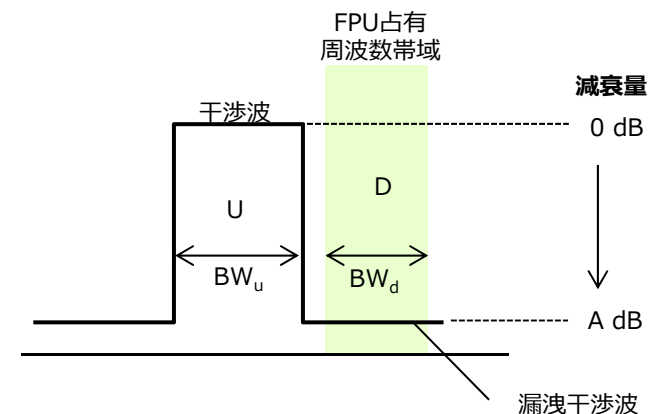
4K・8K-FPUの所要C/Iと帯域内（17.5MHz幅）干渉波電力（隣接、同一chからの混入）の見積から、所要D/Uを求める。

- 所要C/Iは、4K・8K-FPUの運用モデルごとの所要C/Nの干渉雑音分（異経路）への配分とする
  - 固定中継（標準伝送） 34.4dB（所要C/N 27.1dB）
  - 固定中継（高品質伝送） 44.4dB（所要C/N 37.1dB）
  - 移動中継 28.5dB（所要C/N 21.2dB）

※「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）」より
- 帯域内干渉波電力
  - DSRC、電気通信業務、公共業務については、隣接漏洩電力となるので、隣接漏洩あるいはスペクトルマスクに関する既存の規定値（電波法関係審査基準等）や実機の特性をういて仮定する
  - 固定衛星業務については、同一チャンネルとなるため、帯域内干渉波電力を直接計算する
- なお、両偏波へ同等の干渉があった場合の所要C/I（上記）と片側偏波のみへの干渉があった場合／帯域内周波数特性がある場合の所要C/Iの違いについてはシミュレーションにより考慮する

### 所要D/Uの計算方法

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



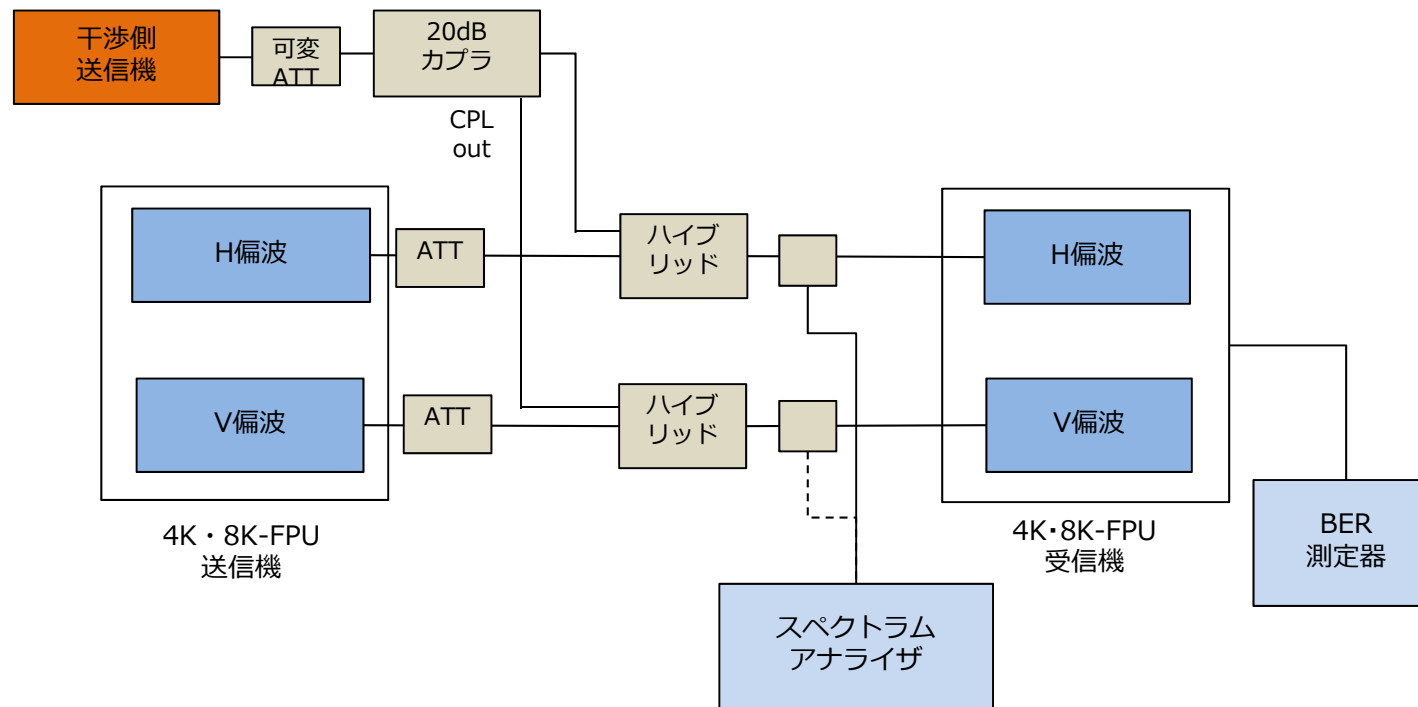
# 3. 共通検討条件

## 所要D/Uを実験で求める場合

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

放送事業用システムは、事業者間で運用調整ができるため、所要C/Nの内、運用モデルにおける熱雑音以外を干渉波成分に配分する。

- 下記の系統により、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



※ 20dBカプラは、交差偏波識別度20dBを想定したものである。（なお、実験の結果、交差偏波識別度が10dB、無限大でも、測定した所要D/Uの違いはほとんどなかった）

# 3. 共通検討条件

## 4K・8K-FPUの受信系と伝搬

- 4K・8K-FPUの受信電力は「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）」の回線設計例に従って以下とする
  - 固定中継（標準伝送） -55dBm
  - 固定中継（高品質伝送） -45dBm
  - 移動中継 -62dBm

- 受信空中線

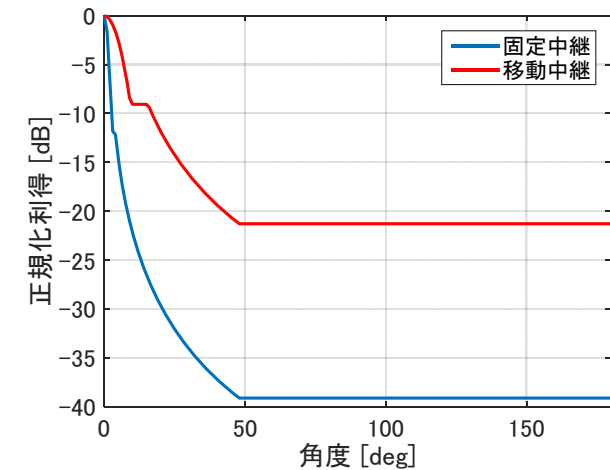
- 回線設計例から以下の空中線とする

	空中線と利得	給電線損失	空中線利得 - 給電線損失
固定中継	φ1.2mパラボラ 35dBi	5.0dB	30.0dB
移動中継	φ0.3mパラボラ 23.2dBi	0.5dB	22.7dB

- 放射パターンは、共用検討用の空中線放射パターンに関する勧告（Rec. ITU-R F.699-7の2.2節の式）を用いるものとする

- 伝搬

- 基本的には自由空間伝搬を仮定する



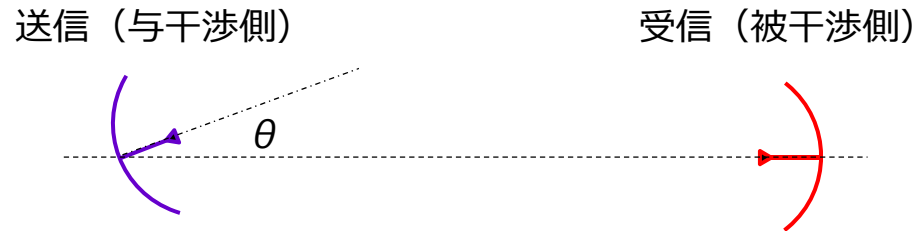
4K・8K-FPUの空中線放射パターン  
(周波数6435MHz)

# 3. 共通検討条件

## 空中線の向きについて

- 与干渉側と被干渉側の空中線が正対した場合の所要離隔距離を最悪値として、正対から角度をずらした場合の値を空中線放射パターンにより検討する
- 角度の変え方については以下の3種類を考える

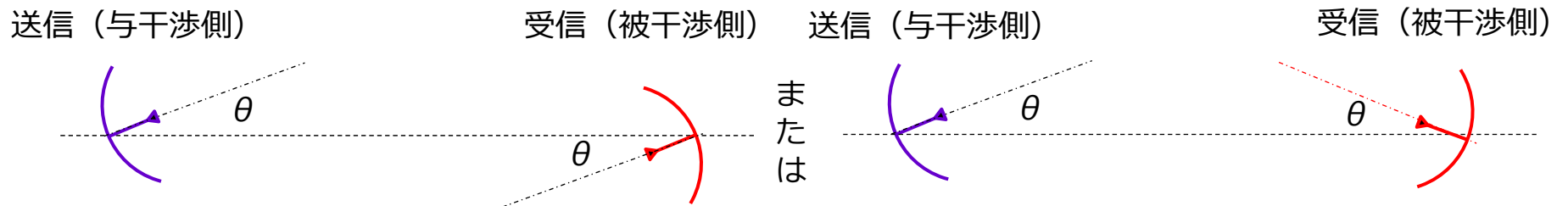
①被干渉側の位置および向きを変えて、与干渉側の空中線に角度が付く場合



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





---

## 4. 既存無線システムごとの検討結果

# 4.1.DSRC

## 主な検討条件

### DSRCの諸元

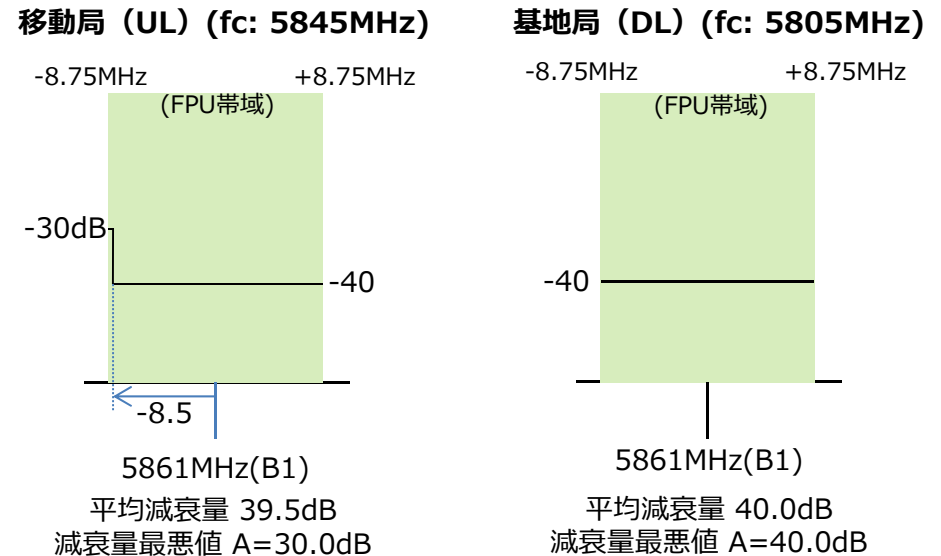
	移動局 (UL)	基地局 (DL)
周波数帯	Bバンドの隣接 (5770-5850MHz)	
最大EIRP	14.8dBm	規定なし (下記より 44.8dBm)
最大空中線利得	10dBi	20dBi
最大空中線電力	10mW	300mW
偏波	右旋円偏波	規定なし (移動局に合わせて 右旋円偏波と想定)
空中線放射パターン	半値幅60°以上 ±90°で-5dB以下	規定なし

### 検討に用いる空中線放射パターン (右図)

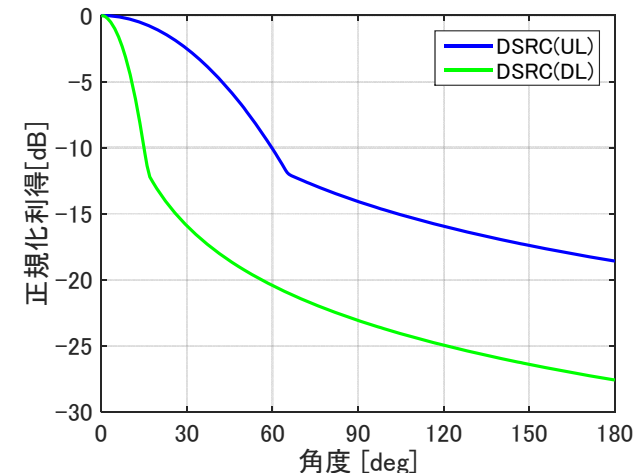
共用検討用の空中線放射パターンに関する勧告 (Rec. ITU-R F.1336-4の3.2節の式(2d)) を用い、

- 移動局は最大利得 $G_0=8\text{dBi}$ とした場合のパターン
- 基地局は最大利得 $G_0=20\text{dBi}$ とした場合のパターンを想定する。

### FPU帯域内 (チャンネルB1) の干渉波電力レベル



※ 仮定したスペクトルマスク内に干渉波が最大に存在する最悪ケースを想定



DSRC移動局(UL)、基地局(DL)空中線の放射パターン

# 4.1.DSRC

## 所要D/Uと離隔距離（正対）の計算結果

直交する2偏波の各成分で計算するため、EIRPは諸元のEIRP値より3dB減じて計算した。  
 (移動局 14.8 - 3 = 11.8dBm, 基地局 44.8 - 3 = 41.8dBm)

### 移動局

干渉波が帯域内フラットで両偏波にあると仮定した所要D/U

式(1)による計算

①

(dB)

減衰量（最悪値）A (dB)	30	所要C/I	所要D/U
固定中継（標準）1024QAM R=2/3		34.4	10.4
固定中継（高品質）4096QAM R=5/6		44.4	20.4
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	4.5

干渉波が帯域内フラットに分布する場合と、周波数特性がある場合の比較

シミュレーションによる所要C/I計算比較

②

(dB)

帯域内周波数特性なし	周波数特性考慮	差分
24.6	14.9	-9.7
34.7	25	-9.7
18.7	9.1	-9.6

周波数特性を考慮した所要D/U

①+②

(dB)

所要D/U
0.7
10.7
-5.1

所要離隔距離の計算

周波数 (MHz)	5861
4K・8K-FPU受信空中線利得-給電線損失 (dB) (上) 固定 (下) 移動	30 22.7

(dBm)	(dBm)	(km)
干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
11.8	-55.0	0.31
11.8	-45.0	0.31
11.8	-62.0	0.15

### 基地局

干渉波が帯域内フラットで両偏波にあると仮定した所要D/U

式(1)による計算

①

(dB)

減衰量（最悪値）A (dB)	40	所要C/I	所要D/U
固定中継（標準）1024QAM R=2/3		34.4	0.4
固定中継（高品質）4096QAM R=5/6		44.4	10.4
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-5.5

(周波数特性なし)

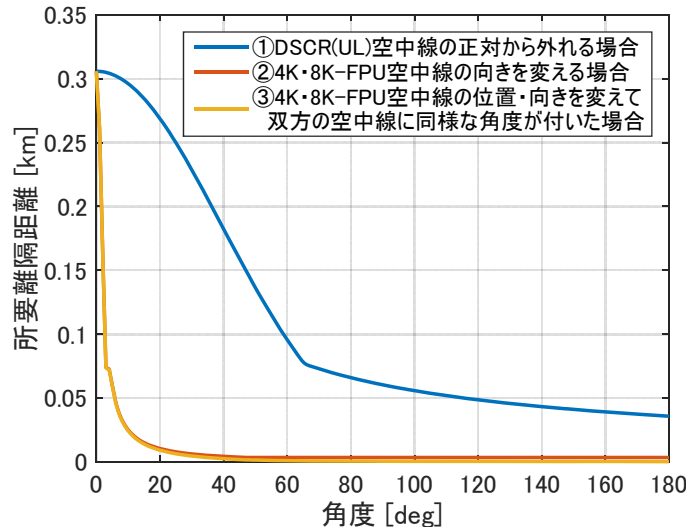
所要離隔距離の計算

(dBm)	(dBm)	(km)
干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
41.8	-55.0	9.3
41.8	-45.0	9.3
41.8	-62.0	4.6

# 4.1.DSRC

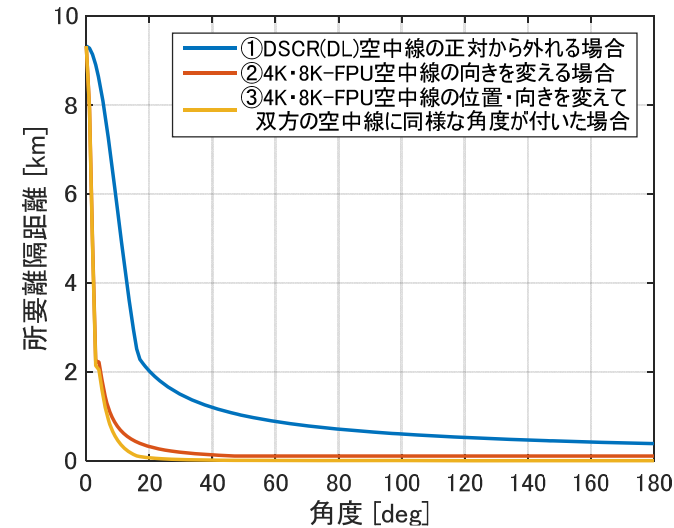
共用可能性

### DSRC移動局



空中線の向きを考慮した所要離隔距離  
固定中継（高品質伝送）モデルの場合  
（最悪値の場合）

### DSRC基地局



空中線の向きを考慮した所要離隔距離  
固定中継（高品質伝送）モデルの場合  
（最悪値の場合）

空中線が正対した場合（角度 = 0°）、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、事実上、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。

なお、計算に用いた空中線放射パターンは、代表的なものをを用いていること、実際の環境では、路面、建造物からの反射波が存在することから、上記のグラフは参考値である。

# 4.2.固定衛星業務(アップリンク)

主な検討条件

## 固定衛星業務 (アップリンク) の諸元

周波数帯	Cバンドの一部 (6426-6485MHz) と共用
最大EIRP	78.5dBW
最大空中線利得	53.4dBi (給電線損失3dB)
最大利得方向	仰角47.1°、東経128°方向
偏波	直線偏波
空中線放射パターン	空中線利得のパターン (右下図) が規定されている
地球局の位置	神奈川県横浜市緑区三保町 1局のみ

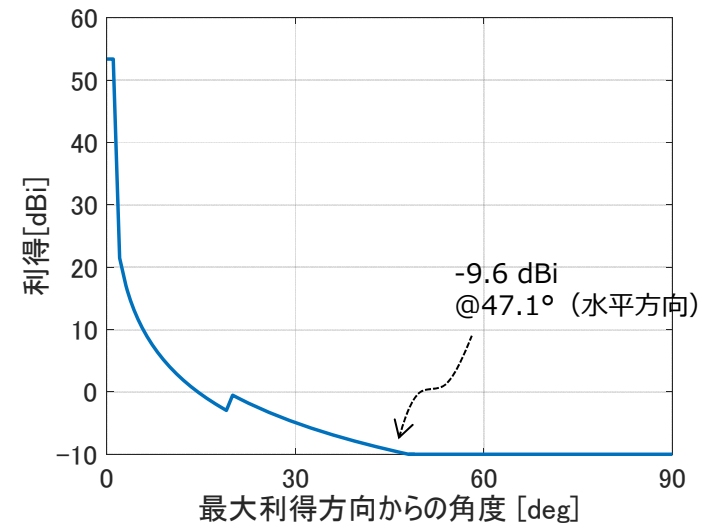
## 占有周波数帯域幅と空中線電力

占有周波数帯域幅	最大空中線電力	空中線入力電力密度 (給電線損失3dB)
40MHz	645W	-50.9dBW/Hz
4.34MHz	645W	-41.3dBW/Hz
<b>680kHz</b>	<b>645W</b>	<b>-33.2dBW/Hz</b>
226kHz	170.7W	-34.2dBW/Hz
CW	3.99W	-

帯域幅680kHzの時、空中線入力電力密度は最大の-33.2dBW/Hzとなるので、帯域幅680kHzの1chがFPU帯域内に存在する場合を最悪値として検討する。

FPUの受信場所は地上であることから、地球局とは水平方向の関係にある。すなわち、地球局の最大利得方向は仰角47.1°であり、FPUの空中線とは正対しないため、地球局の水平方向のEIRPを考慮することとする。最大のEIRPは以下となる。

$$\frac{10 \cdot \log_{10}(645)}{\text{送信電力}} - \frac{3}{\text{給電線損失}} + \frac{(-9.6)}{\text{水平方向の利得 (右図)}} = 15.5\text{dBW} = 45.5\text{dBm}$$

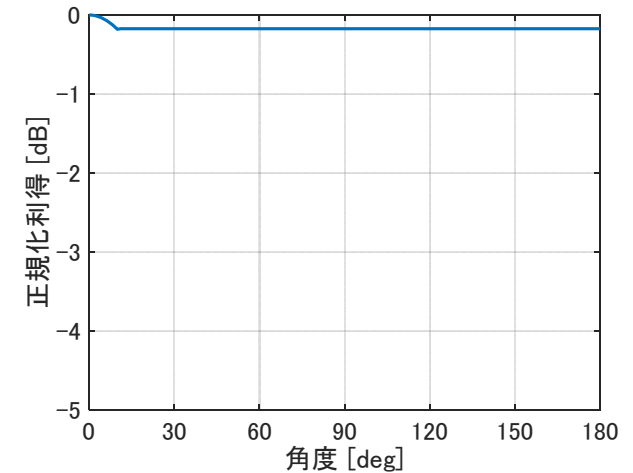


固定衛星業務地球局の空中線放射パターン

# 4.2.固定衛星業務(アップリンク) 所要離隔距離の計算

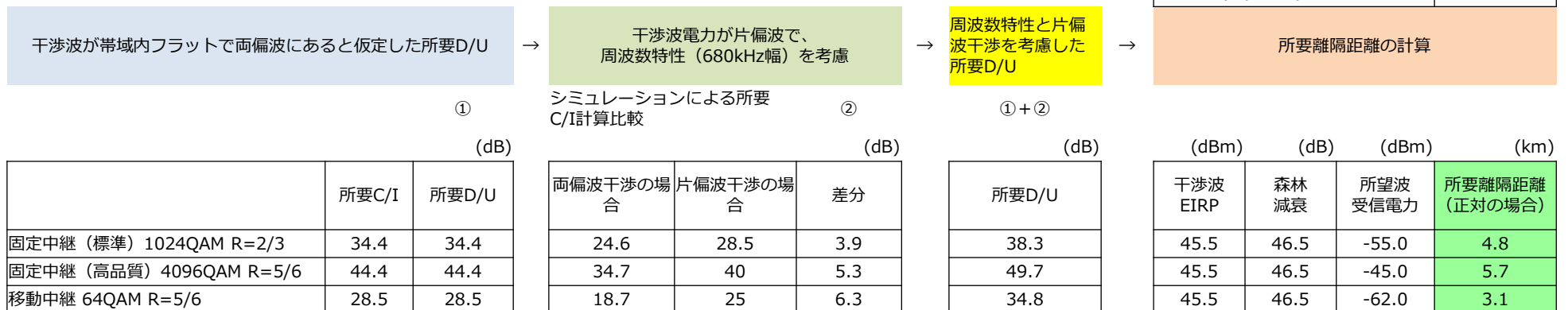
水平面内の放射パターン（正規化）は右図の通りであり、無指向性に近い。

また、伝搬の面では、地球局は森林に囲まれており、極近傍を除いて見通しでないと考えられる。森林を通過した電波は減衰するが、その減衰量については、ITU-R勧告（Rec. ITU-R P.833-2）によって見積もることができる。地図によると、地球局からの方向によって森林内の伝搬距離は変わるが、およそどの方向においても200m程度以上を見込むことができる。同勧告の3.2節の式(4)により計算すると、46.5dB（@6435MHz）の減衰と見積もることができる（W=50、“out of leaf”のパラメータ）。



固定衛星業務地球局の空中線放射パターン（水平面内）

周波数 (MHz)	6435
4K・8KFPU受信 空中線利得-給電線損失 (dB) (上)固定 (下) 移動	30 22.7

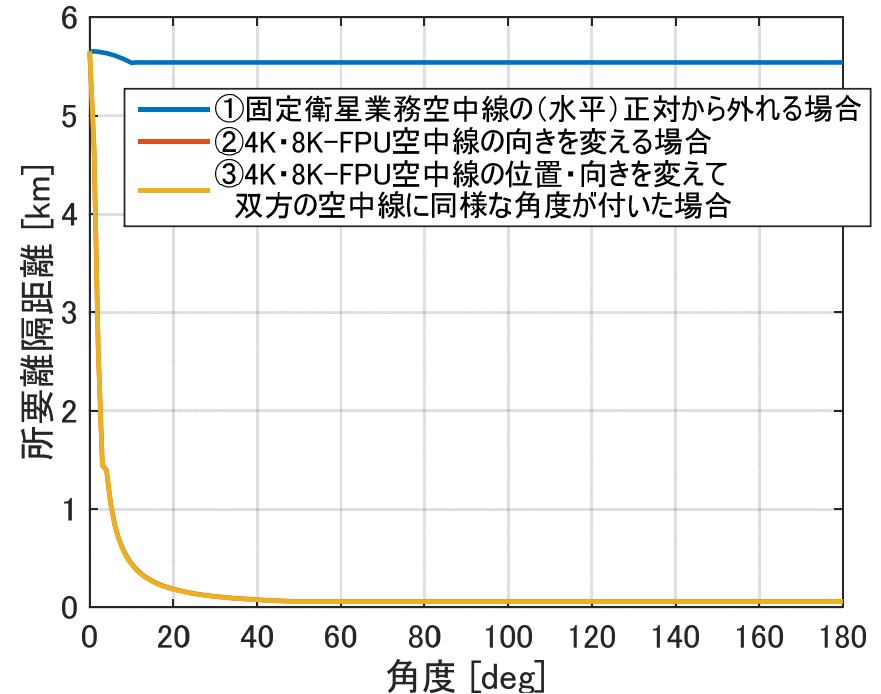


## 4.2.固定衛星業務(アップリンク)

共用可能性

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

固定中継（高品質伝送）モデルの場合（最悪値の場合）

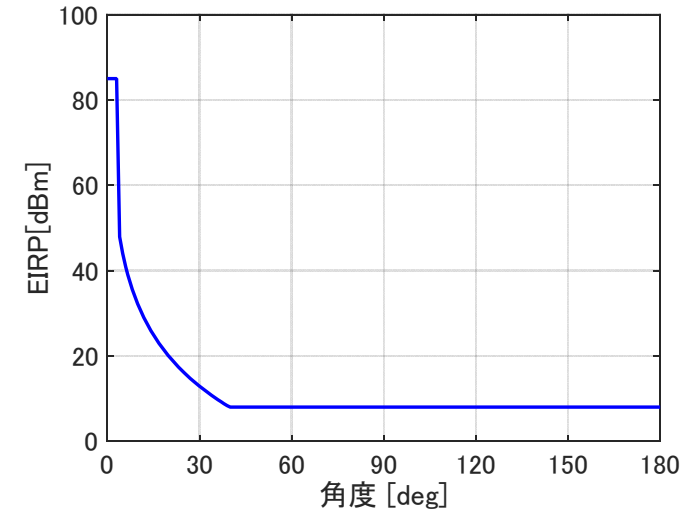
※上記グラフの赤線②は、橙色線③と重なっている

# 4.3.電気通信業務

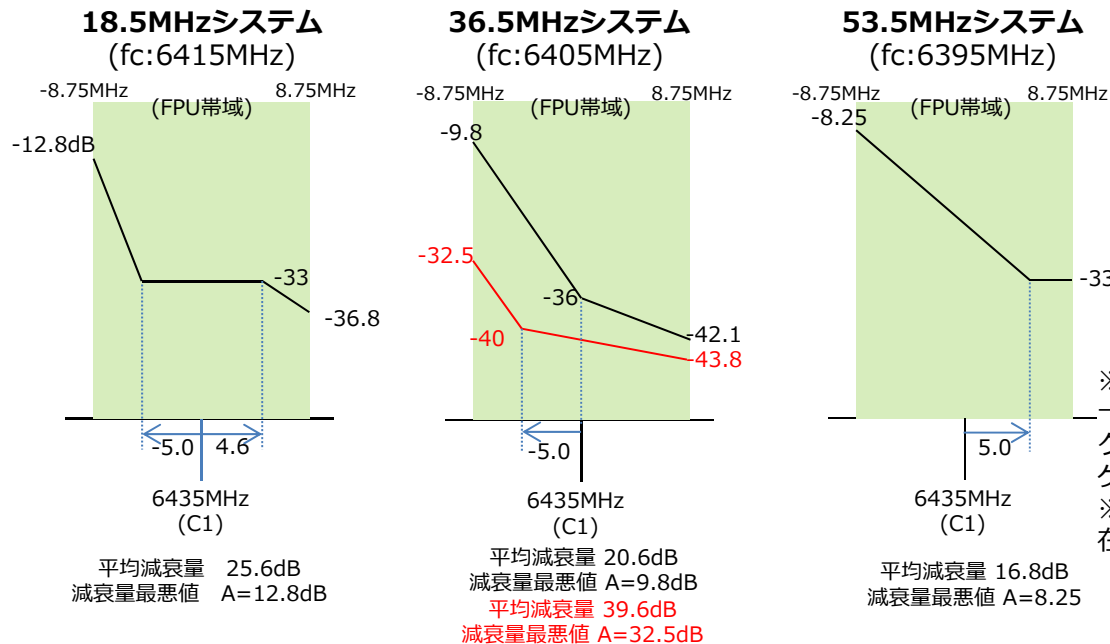
## 主な検討条件

### 電気通信業務送信局の諸元

周波数帯	B,Cバンド (B4, C1) 隣接 (5,925 - 6,425MHz)
最大EIRP	55dBW (85dBm)
偏波	直線偏波
空中線放射パターン	電波法関係審査基準にEIRPの角度毎の制限値があり、これを用いる (右図)
その他	18.5, 36.5, 53.5MHzの帯域幅の異なる3種類のシステムがある。 チャンネルB4は固定局への割り当てが基本であるので、C1との隣接干渉を検討する。



### FPU帯域内 (チャンネルC1) の干渉波電力レベル



※「電波法関係審査基準 (平成13年総務省訓令第67号) の一部を改正する訓令案新旧対照表」に記載のスペクトルマスク内に、電気通信業務 (干渉波) 電力が最大に分布する最悪ケースを想定。

※ 36.5MHzシステムについては、実機の特長 (赤線) が存在するので、これを用いる。

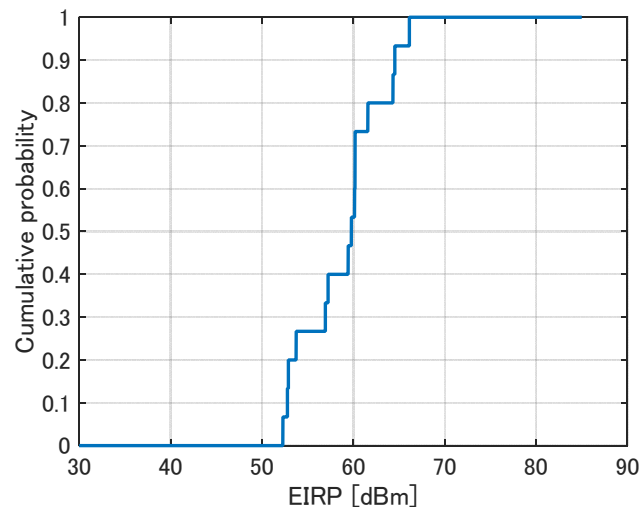


# 4.3.電気通信業務

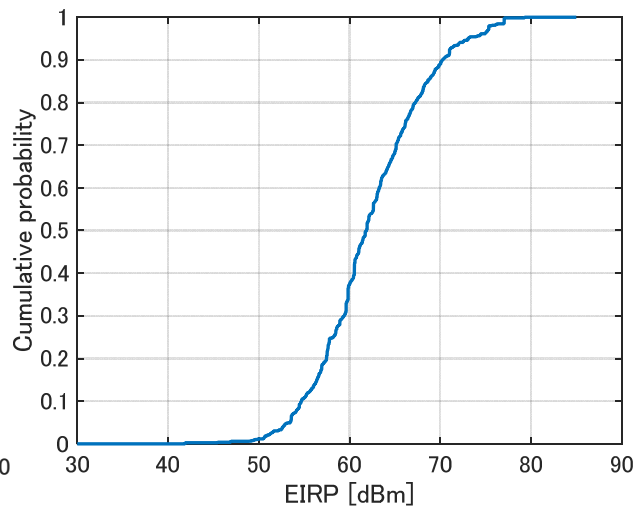
## 主な検討条件

電波法関係審査基準のEIRP制限値は、海上伝搬など特殊な伝搬環境も考慮して余裕を持って設定されているため、この値を用いて計算される所要離隔距離は極めて大きく、一般的な条件とは言い難い。実情に即した検討を行うため、実際の送信局EIRPを考慮した検討を行うこととする。下図は実際のEIRPの累積分布である。

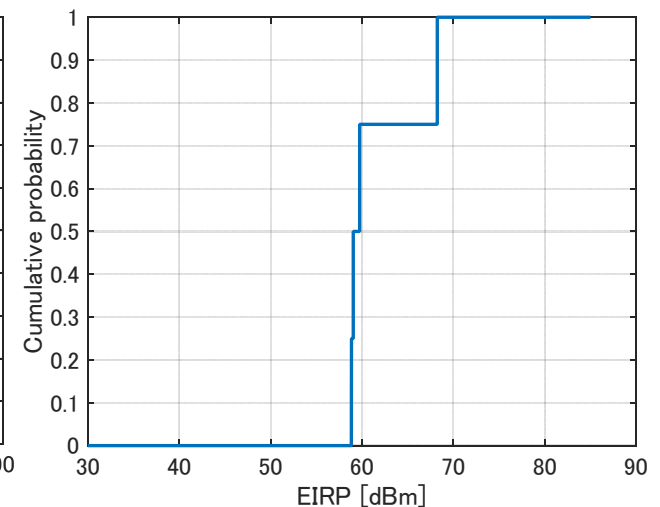
18.5MHz、53.5MHzシステムの局数は少なく、ほとんどが36.5MHzシステムである。また、EIRPの最大値は79.3dBmであり、さらに、およそ90%の送信局は70dBm以下であることがわかる。



18.5MHzシステム  
最大値 66.1dBm



36.5MHzシステム  
最大値 79.3dBm



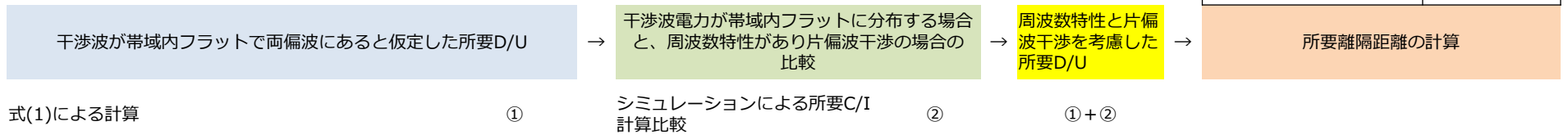
53.5MHzシステム  
最大値 68.2dBm

# 4.3.電気通信業務

## 所要D/Uと離隔距離の計算

EIRPとして累積確率が90%の値を用いて所要離隔距離を計算した。18.5MHz, 53.5MHzシステムが隣接にある場合は、36.5MHzシステムと比べて所要離隔距離が大きくなるが、36.5MHzシステムと同様に実機のスペクトル特性は、スペクトルマスクよりも改善されていると考えられるので、実際の所要離隔距離は36.5MHzシステムと同等となると推測される。

周波数 (MHz)	6435
4K・8KFPU受信空中線利得-給電線損失 (dB) (上) 固定 (下) 移動	30 22.7



式(1)による計算

①

シミュレーションによる所要C/I  
計算比較

②

①+②

### 18.5MHzシステム (dB)

減衰量 (最悪値) A (dB)	12.8	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	21.4
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	31.4
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	15.5

### (dB)

帯域内周波数特性なし	周波数特性および片偏波干渉考慮	差分
24.6	-1.6	-26.2
34.7	12.4	-22.3
18.7	-1.7	-20.4

### (dB)

所要D/U
-4.8
9.1
-4.9

### (dBm) (dBm) (km)

干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
65.0	-55.0	67.5
65.0	-45.0	105.7
65.0	-62.0	64.4

### 36.5MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	32.5	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-1.3
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	8.7
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-7.2

帯域内周波数特性なし	周波数特性および片偏波干渉考慮	差分
24.6	8.6	-16
34.7	22.3	-12.4
18.7	7.9	-10.8

所要D/U
-17.3
-3.7
-18.0

干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
70.0	-55.0	28.4
70.0	-45.0	43.1
70.0	-62.0	25.4

### 53.5MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	8.3	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	21.2
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	31.2
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	15.3

帯域内周波数特性なし	周波数特性および片偏波干渉考慮	差分
24.6	1.0	-23.6
34.7	16.5	-18.2
18.7	3.2	-15.5

所要D/U
-2.4
13.0
-0.2

干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
68.2	-55.0	128.6
68.2	-45.0	239.4
68.2	-62.0	160.0

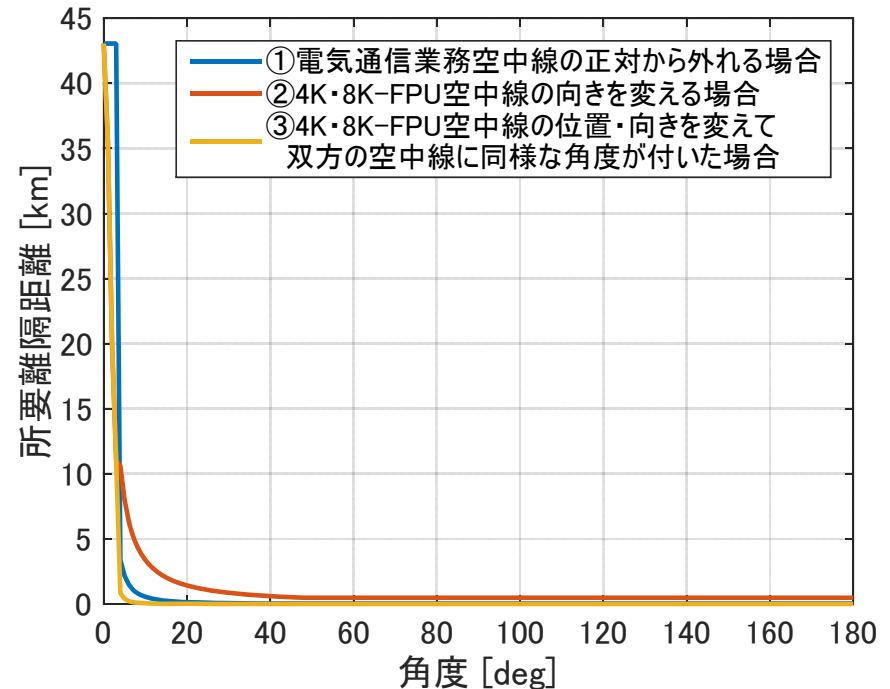
# 4.3.電気通信業務

共用可能性

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。さらに、その所要離隔距離が大きいケースにおいては、海上伝搬など特殊な環境で、FPUを運用する可能性が低いと考えられる。空中線が正対する可能性が小さ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考える。

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

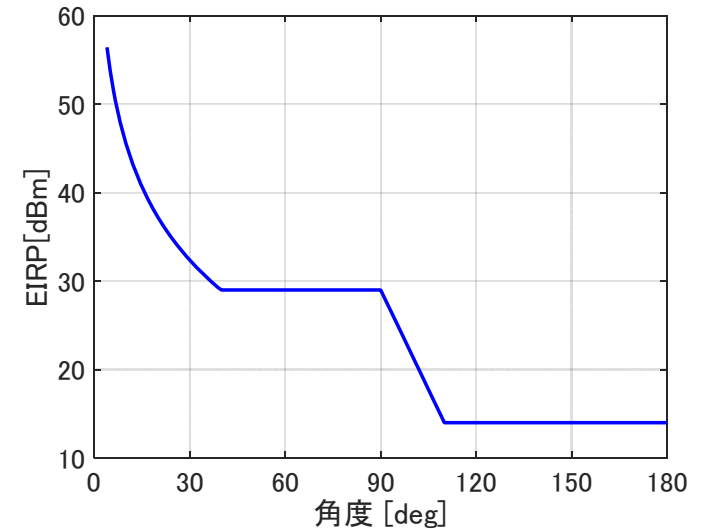
36.5MHzシステムが隣接で、固定中継（高品質伝送）モデルの場合（最悪値の場合）

# 4.4.公共業務

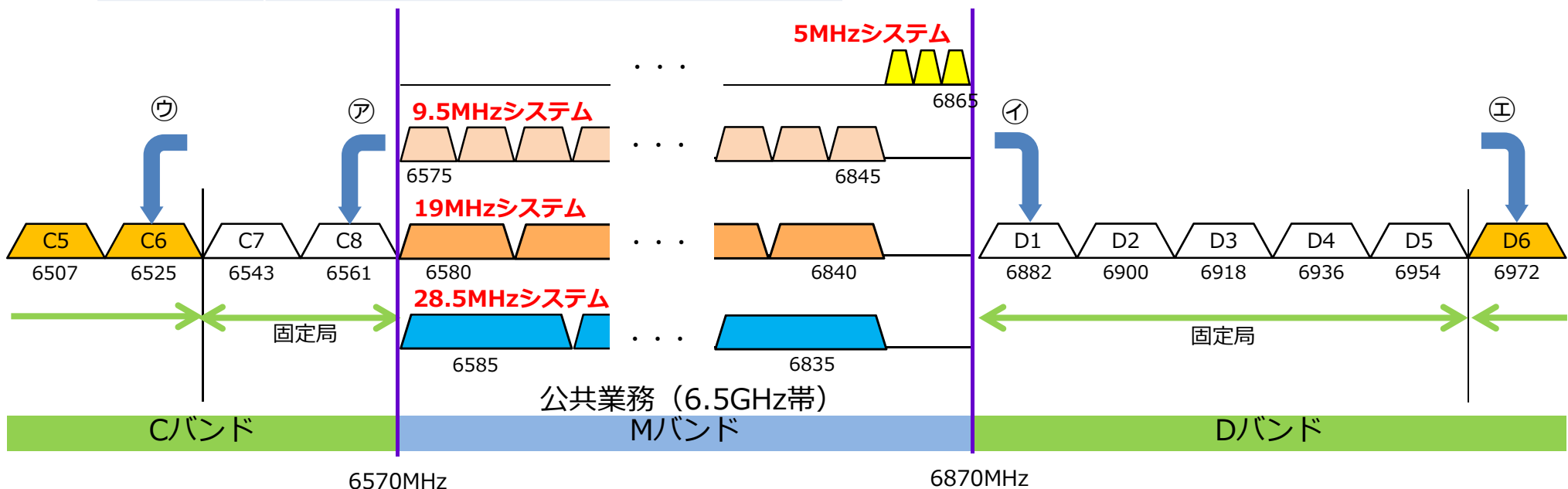
## 主な検討条件

### 公共業務送信局の諸元

周波数帯	C, Dバンド隣接 (6,570 - 6,870MHz)
最大EIRP	規定なし (下記の送信出力と標準受信空中線の最大利得48dBiより51dBW (81dBm) とする)
最大送信出力	2W
偏波	直線偏波
空中線放射パターン	電波法関係審査基準にEIRPの角度毎の制限値がありこれを用いる (右図)
その他	帯域幅の異なる4種類 (5, 9.5, 19, 28.5MHz) のシステムがある。下図のように、電波法関係審査基準で定められた固定局への割り当てを考慮して、㉠~㉤の4通りの干渉を検討をする。



電波法関係審査基準のEIRP制限値

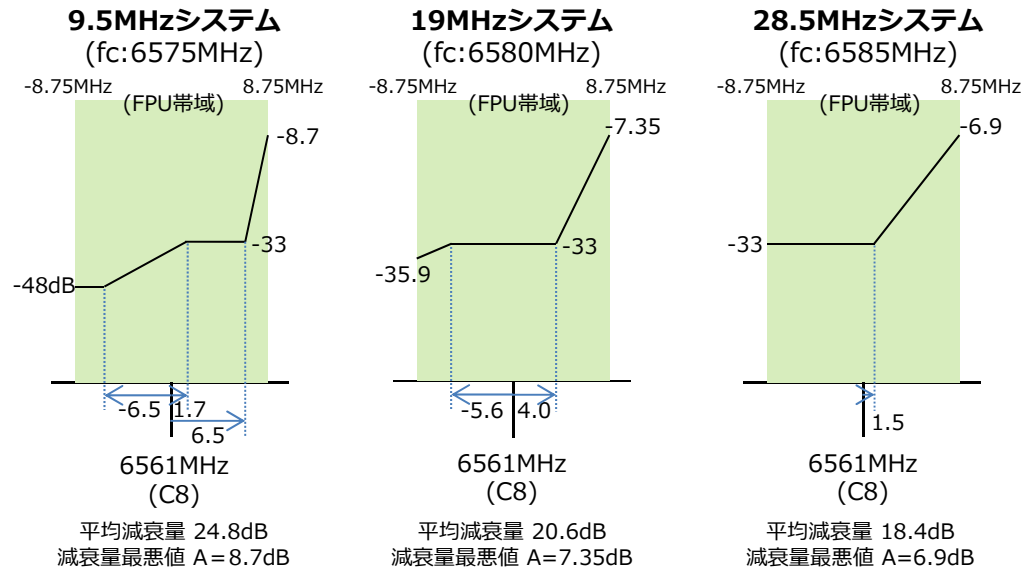


# 4.4.公共業務

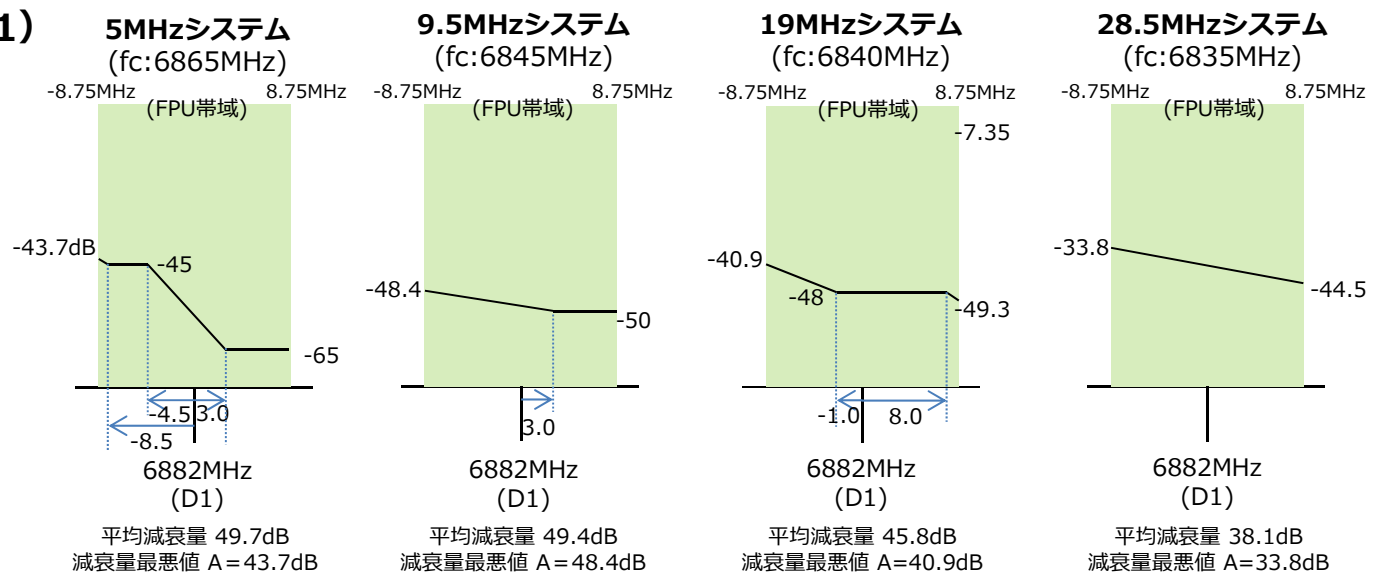
## FPU帯域への漏洩電力

### ㊦ FPU帯域内 (チャンネルC8) への漏洩電力

※ 電波法関係審査基準に記載のスペクトルマスクを想定する。



### ㊦ FPU帯域内 (チャンネルD1) への漏洩電力

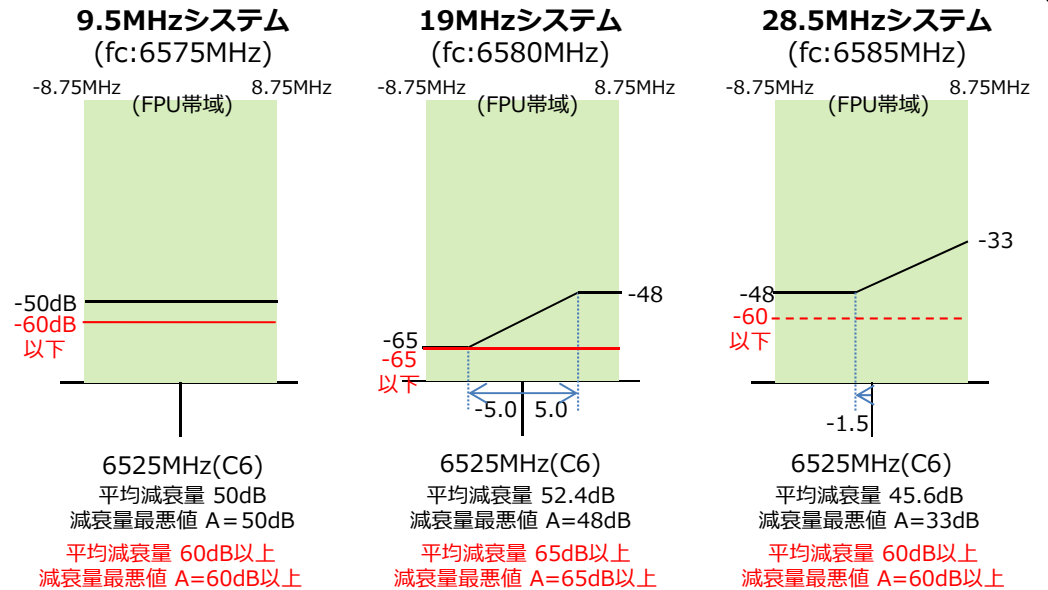


# 4.4.公共業務

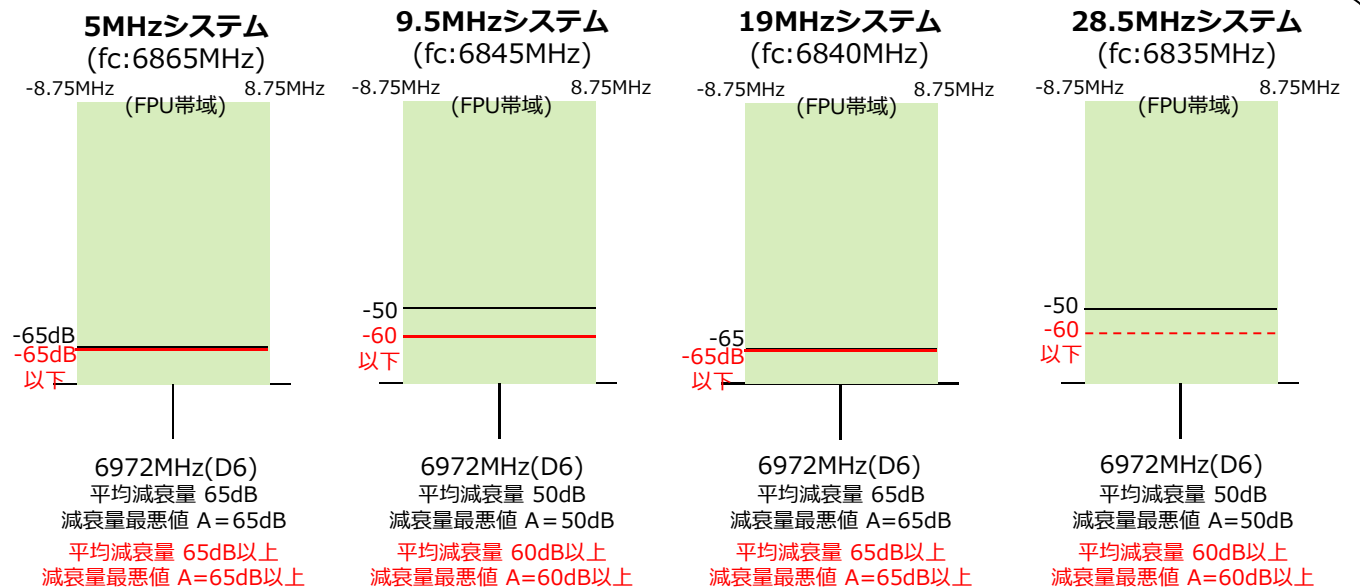
## FPU帯域への漏洩電力

### ㊦ FPU帯域内 (チャンネルC6) への漏洩電力

※ 電波法関係審査基準に記載のスペクトルマスク (黒線) に加えて、実機の実特性 (赤線) を示している (28.5MHzシステムは推定)。検討においては、漏洩電力は、実機と同じ特性を持つことを想定する。なお、本実機の実特性は、測定限界以下であり、測定器の雑音レベルとしている。



### ㊦ FPU帯域内 (チャンネルD6) への漏洩電力



# 4.4.公共業務

## 所要D/Uと離隔距離の計算

### ⑦隣接チャンネルC8を使用する場合の所要離隔距離

周波数 (MHz)	6561
4K・8KFPU受信空中線利得-給電線損失 (dB) (上) 固定 (下) 移動	30
	22.7

所要離隔距離の計算

干渉波が帯域内フラットで両偏波にあると仮定した所要D/U

干渉波電力が帯域内フラットに分布する場合と、周波数特性があり片偏波干渉の場合の比較

周波数特性と片偏波干渉を考慮した所要D/U

式(1)による計算

①

シミュレーションによる所要C/I計算比較

②

①+②

#### 9.5MHzシステム

(dB)

減衰量 (最悪値) A (dB)	8.7	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	28.4
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	38.4
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	22.5

(dB)

帯域内周波数特性なし	周波数特性および片偏波干渉考慮	差分
24.6	-7.6	-32.2
34.7	3.1	-31.6
18.7	-5.6	-24.3

(dB)

所要D/U
-3.8
6.8
-1.8

(dBm)

(dBm)

(km)

干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
81.0	-55.0	468.4
81.0	-45.0	501.9
81.0	-62.0	569.7

#### 19MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	7.35	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	26.7
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	36.7
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	20.8

帯域内周波数特性なし	周波数特性および片偏波干渉考慮	差分
24.6	-5.5	-30.1
34.7	8.5	-26.2
18.7	-3.3	-22.0

所要D/U
-3.4
10.5
-1.2

干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
81.0	-55.0	490.5
81.0	-45.0	768.5
81.0	-62.0	610.5

#### 28.5MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	6.9	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	25.4
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	35.4
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	19.5

帯域内周波数特性なし	周波数特性および片偏波干渉考慮	差分
24.6	-4.6	-29.2
34.7	10.2	-24.5
18.7	-1.8	-20.5

所要D/U
-3.8
10.9
-1.0

干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
81.0	-55.0	468.4
81.0	-45.0	804.7
81.0	-62.0	624.7

# 4.4.公共業務

## 所要D/Uと離隔距離の計算

### ①隣接チャンネルD1を使用する場合の所要離隔距離

周波数 (MHz)	6882
4K・8K FPU受信空中線利得-給電線損失 (dB) (上) 固定 (下) 移動	30
	22.7

干渉波が帯域内フラットで両偏波にあると仮定した所要D/U

干渉波電力が帯域内フラットに分布する場合と、周波数特性があり片偏波干渉の場合の比較

周波数特性と片偏波干渉を考慮した所要D/U

所要離隔距離の計算

式(1)による計算

①

シミュレーションによる所要C/I計算比較

②

①+②

5MHzシステム (dB)

減衰量 (最悪値) A (dB)	43.7	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-3.9
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	6.1
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-9.8

(dB)

帯域内周波数特性なし	周波数特性および片偏波干渉考慮	差分
24.6	3.5	-21.1
34.7	19.3	-15.4
18.7	6.6	-12.1

(dB)

所要D/U
-25.0
-9.3
-21.9

(dBm)

(dBm)

(km)

干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
81.0	-55.0	38.9
81.0	-45.0	75.0
81.0	-62.0	53.7

9.5MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	48.4	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-11.3
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	-1.3
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-17.2

帯域内周波数特性なし	周波数特性および片偏波干渉考慮	差分
24.6	15.7	-8.9
34.7	29.4	-5.3
18.7	14.9	-3.8

所要D/U
-20.2
-6.6
-21.0

干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
81.0	-55.0	67.6
81.0	-45.0	102.3
81.0	-62.0	59.6

19MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	40.9	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-6.9
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	3.1
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-12.8

帯域内周波数特性なし	周波数特性および片偏波干渉考慮	差分
24.6	11.1	-13.5
34.7	24.8	-9.9
18.7	10.4	-8.3

所要D/U
-20.4
-6.8
-21.1

干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
81.0	-55.0	66.1
81.0	-45.0	100.0
81.0	-62.0	58.9

28.5MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	33.8	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-1.5
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	8.5
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-7.4

帯域内周波数特性なし	周波数特性および片偏波干渉考慮	差分
24.6	11.3	-13.3
34.7	25.3	-9.4
18.7	10.8	-7.9

所要D/U
-14.8
-0.9
-15.3

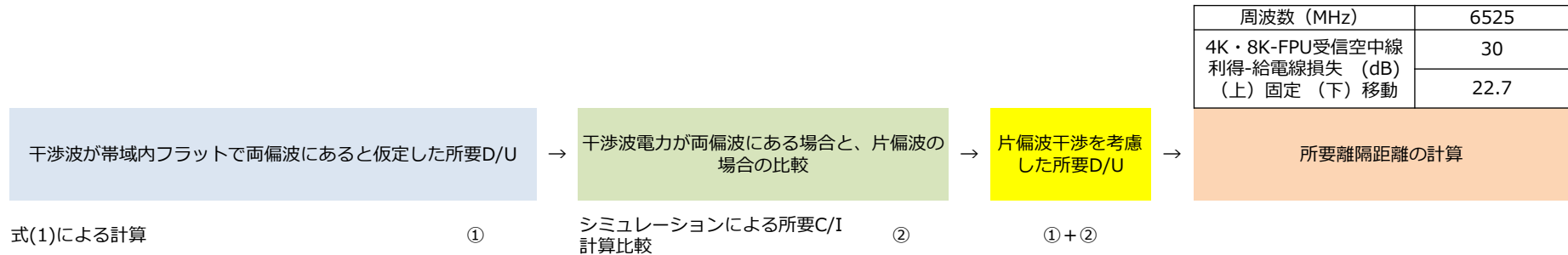
干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
81.0	-55.0	125.9
81.0	-45.0	197.2
81.0	-62.0	114.8



# 4.4.公共業務

## 所要D/Uと離隔距離の計算

### ㊦チャンネルC6を使用する場合の所要離隔距離



周波数 (MHz)	6525
4K・8K-FPU受信空中線利得-給電線損失 (dB)	30
(上) 固定 (下) 移動	22.7

#### 9.5MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	60	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-22.9
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	-12.9
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-28.8

帯域内周波数特性なし	片偏波干渉考慮	差分
24.6	16.8	-7.8
34.7	30.4	-4.3
18.7	15.9	-2.8

所要D/U
-30.7
-17.2
-31.6

干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
81.0	-55.0	21.3
81.0	-45.0	31.8
81.0	-62.0	18.5

#### 19MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	65	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-31.0
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	-21.0
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-36.9

帯域内周波数特性なし	片偏波干渉考慮	差分
24.6	16.8	-7.8
34.7	30.4	-4.3
18.7	15.9	-2.8

所要D/U
-38.8
-25.3
-39.7

干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
81.0	-55.0	8.4
81.0	-45.0	12.5
81.0	-62.0	7.3

#### 28.5MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	60	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-27.7
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	-17.7
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-33.6

帯域内周波数特性なし	片偏波干渉考慮	差分
24.6	16.8	-7.8
34.7	30.4	-4.3
18.7	15.9	-2.8

所要D/U
-35.5
-22.0
-36.4

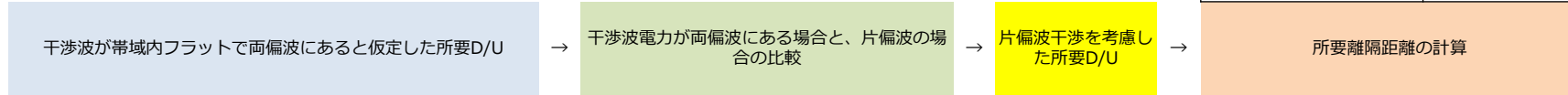
干渉波EIRP	所望波受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
81.0	-55.0	12.2
81.0	-45.0	18.3
81.0	-62.0	10.7

# 4.4.公共業務

## 所要D/Uと離隔距離の計算

### ①チャンネルD6を使用する場合の所要離隔距離

周波数 (MHz)	6972
4K・8K-FPU受信空中線利得-給電線損失 (dB)	30
(上) 固定 (下) 移動	22.7



式(1)による計算

①

シミュレーションによる所要C/I  
計算比較

②

①+②

#### 5MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	65	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-25.2
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	-15.2
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-31.1

帯域内 周波数特性なし	周波数特性および 片偏波干渉 考慮	差分
24.6	16.8	-7.8
34.7	30.4	-4.3
18.7	15.9	-2.8

所要D/U
-33.0
-19.5
-33.9

干渉波EIRP (dBm)	所望波 受信電力 (dBm)	所要離隔距離 (正対の場合) (km)
81.0	-55.0	15.3
81.0	-45.0	22.9
81.0	-62.0	13.3

#### 9.5MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	60	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-22.9
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	-12.9
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-28.8

帯域内 周波数特性なし	片偏波干渉 考慮	差分
24.6	16.8	-7.8
34.7	30.4	-4.3
18.7	15.9	-2.8

所要D/U
-30.7
-17.2
-31.6

干渉波EIRP (dBm)	所望波 受信電力 (dBm)	所要離隔距離 (正対の場合) (km)
81.0	-55.0	19.9
81.0	-45.0	29.8
81.0	-62.0	17.3

#### 19MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	65	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-31.0
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	-21.0
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-36.9

帯域内 周波数特性なし	片偏波干渉 考慮	差分
24.6	16.8	-7.8
34.7	30.4	-4.3
18.7	15.9	-2.8

所要D/U
-38.8
-25.3
-39.7

干渉波EIRP (dBm)	所望波 受信電力 (dBm)	所要離隔距離 (正対の場合) (km)
81.0	-55.0	7.8
81.0	-45.0	11.7
81.0	-62.0	6.8

#### 28.5MHzシステム

減衰量 (最悪値) A (dB)	60	所要C/I	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3		34.4	-27.7
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6		44.4	-17.7
移動中継 64QAM R=5/6		28.5	-33.6

帯域内 周波数特性なし	片偏波干渉 考慮	差分
24.6	16.8	-7.8
34.7	30.4	-4.3
18.7	15.9	-2.8

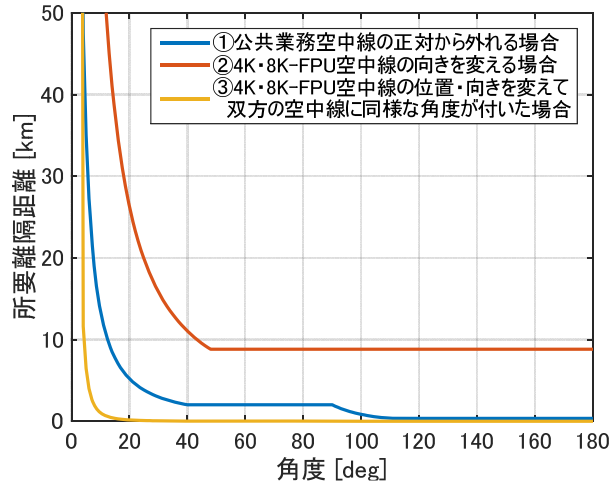
所要D/U
-35.5
-22.0
-36.4

干渉波EIRP (dBm)	所望波 受信電力 (dBm)	所要離隔距離 (正対の場合) (km)
81.0	-55.0	11.5
81.0	-45.0	17.2
81.0	-62.0	10.0

# 4.4.公共業務

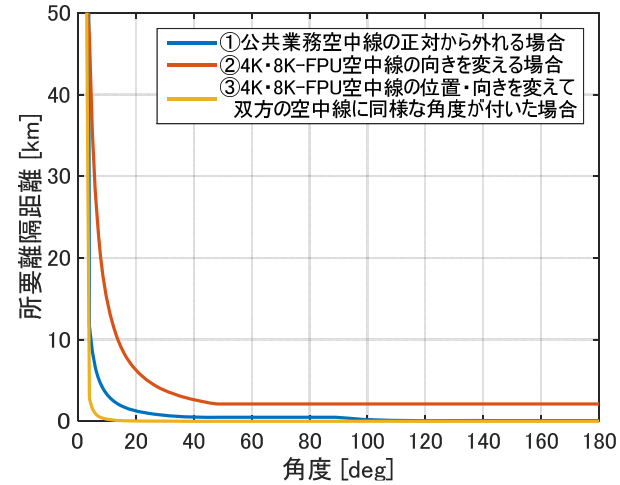
## 空中線の向きを考慮した所要離隔距離

### ア 隣接チャンネルC8の場合



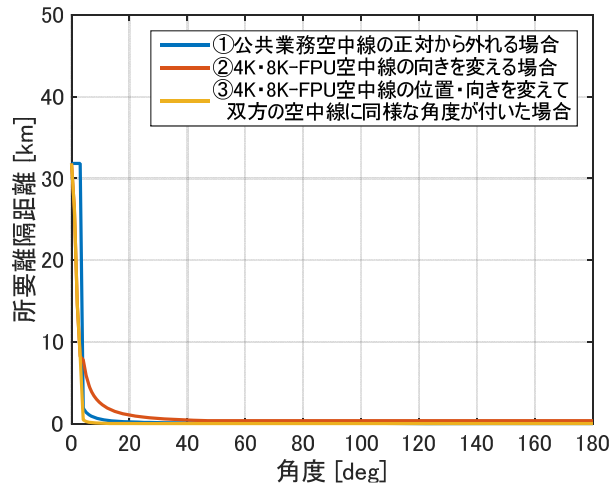
28.5MHzシステムが隣接で、固定中継（高品質伝送）モデルの場合（最悪値の場合）

### イ 隣接チャンネルD1の場合



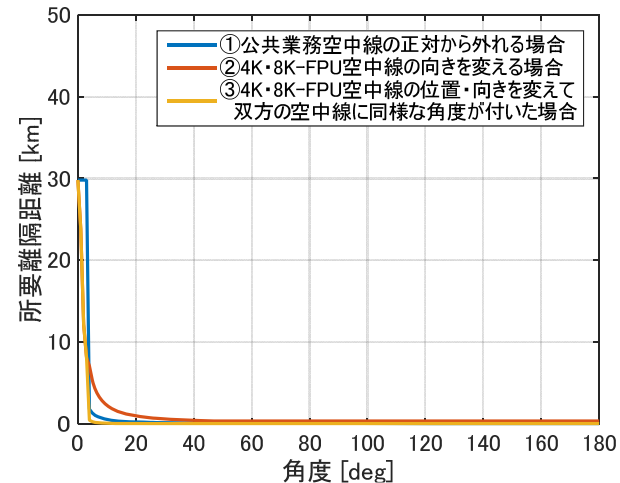
28.5MHzシステムが隣接で、固定中継（高品質伝送）モデルの場合（最悪値の場合）

### ウ チャンネルC6の場合



9.5MHzシステムが隣接で、固定中継（高品質伝送）モデルの場合（最悪値の場合）

### エ チャンネルD6の場合



9.5MHzシステムが隣接で、固定中継（高品質伝送）モデルの場合（最悪値の場合）

## 4.4.公共業務

### 共用可能性

#### ㊦㊩（隣接チャンネルC8、D1の場合）

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）

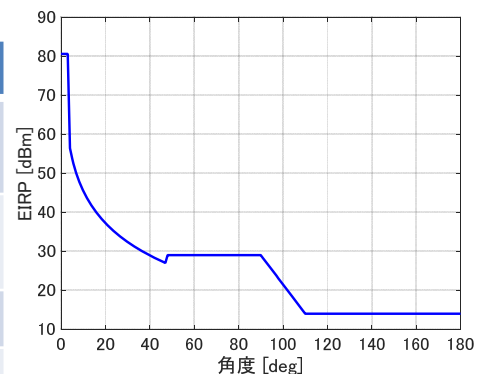
空中線が正対した場合（角度=0°）は、30km程度の離隔が必要であるが、互いの空中線の向きをずらすと離隔距離は大きく減少するため、共用は可能と考える。

# 4.5. 映像STL/TTL, TSL

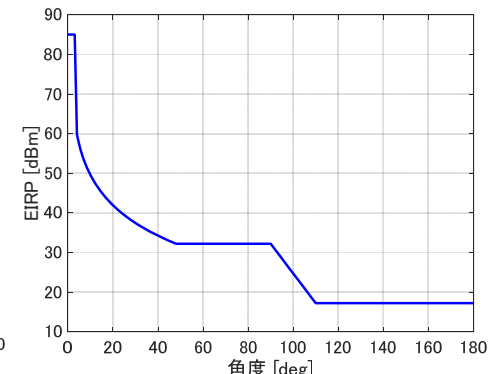
主な検討条件

## 映像STL/TTL、TSLの諸元

	STL/TTL	TSL
周波数帯	B,C,D,E,F,G,M,Nバンド (B,C,D,E,F,Gバンド内隣接,同一チャンネル)	
最大EIRP	規定なし (下記より80.6dBm)	規定なし (下記より85.0dBm)
最大空中線電力	2W	4W
最大空中線利得	47.6dBi (Cバンド)	49.0dBi (Cバンド)
偏波	直線偏波	
空中線放射パターン	電波法関係審査基準にEIRPの角度毎の制限値があり、これを用いる(右図)	



STL/TTL (CDバンド)



TSL (Cバンド)

## 電波法関係審査基準のEIRP制限値

※ここでは、Cバンドで検討を行うが、E,F,Gバンド等周波数が高い場合は、空中線利得もそれに応じてEIRPも大きくなるが、伝搬損失も大きくなるため、所要離隔距離は変わらない。

### 所要D/Uについて

隣接チャンネルについては、実機を利用できるので、測定により所要D/Uを求めるが、同一チャンネルについては、机上で所要D/Uを求める。

### 所要D/Uの測定について

想定する運用モデルの伝送パラメータが、4K・8K-FPUの実験機にはないパラメータもある。そこで、下表のように運用モデルの伝送パラメータに最も近い伝送パラメータを用いて所要D/Uを測定し、シミュレーションにより求めた所要C/Nの差分を加えることとする。

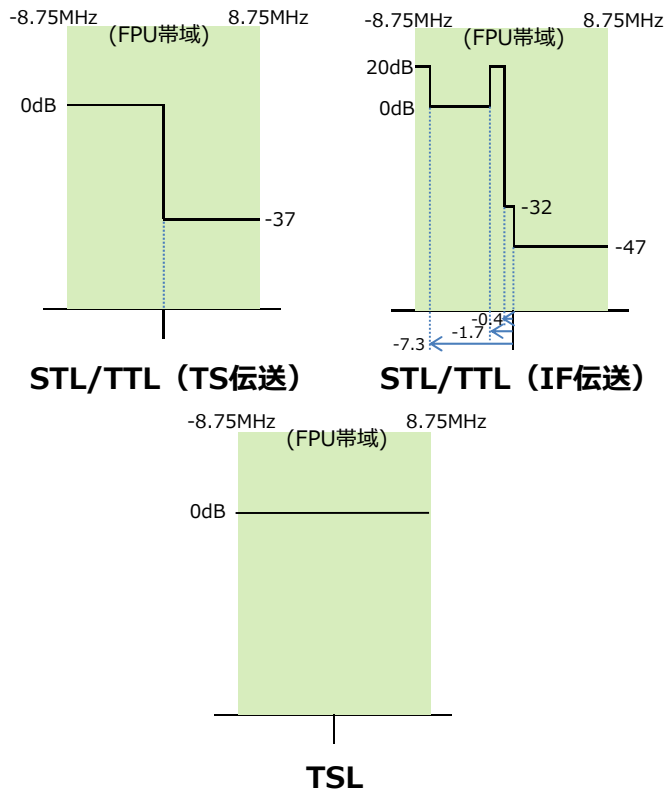
	伝送パラメータ	本実験のパラメータ	シミュレーションで求めた 所要C/N差分
固定中継 (標準伝送)	1024QAM R=2/3	1024QAM R=3/4	-1.8dB
固定中継 (高品質伝送)	4096QAM R=5/6	4096QAM R=3/4	+3.3dB
移動中継	64QAM R=5/6	64QAM R=5/6	(実験値をそのまま用いる)

# 4.5. 映像STL/TTL, TSL

## 所要D/Uと離隔距離の計算

### 同一チャンネル

干渉波の送信スペクトルとして電波法関係審査基準に定められているスペクトルマスクを用いて、シミュレーションにより所要D/Uを計算した。IF伝送方式については、最も干渉の影響が大きい従属同期方式（低雑音方式）とした。



各システムのスペクトルマスク (FPU帯域との関係)

### 所要D/U シミュレーション結果

周波数 (MHz)	6543
4K・8K-FPU受信空中線利得-給電線損失 (dB)	30
(上) 固定 (下) 移動	22.7

### 所要離隔距離計算

映像STL/TTL (TS伝送)	(dB)	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3	15.0	
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6	27.0	
移動中継 64QAM R=5/6	14.6	

	(dBm)	(dBm)	(km)
干渉波 EIRP	80.6	所望波 受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
	80.6	-55.0	3907.0
	80.6	-45.0	4918.6
	80.6	-62.0	3604.5

映像STL/TTL (IF伝送)	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3	21.0
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6	32.5
移動中継 64QAM R=5/6	21.5

干渉波 EIRP	所望波 受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
80.6	-55.0	7795.5
80.6	-45.0	9265.0
80.6	-62.0	7977.1

映像TSL	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3	16.8
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6	30.4
移動中継 64QAM R=5/6	15.9

干渉波 EIRP	所望波 受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
85.0	-55.0	7977.1
85.0	-45.0	12073.8
85.0	-62.0	6947.8

# 4.5. 映像STL/TTL, TSL

## 所要D/Uと離隔距離の計算

### 隣接チャンネル

所要D/U (実験による)

→

周波数 (MHz)	6525
4K・8K-FPU受信空中線 利得-給電線損失 (dB) (上) 固定 (下) 移動	30 22.7

所要離隔距離計算

映像STL/TTL (TS伝送)	(dB)	(dB)	(dB)
	測定所要D/U	補正值	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3	-19.5	-1.8	-21.3
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6	-11.3	3.3	-8.0
移動中継 64QAM R=5/6	-27.2	0	-27.2

(dBm)	(dBm)	(km)
干渉波 EIRP	所望波 受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
80.6	-55.0	60.0
80.6	-45.0	87.7
80.6	-62.0	29.4

映像STL/TTL (IF伝送)	測定所要D/U	補正值	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3	-22.6	-1.8	-24.4
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6	-14.1	3.3	-10.8
移動中継 64QAM R=5/6	-29.1	0	-29.1

干渉波 EIRP	所望波 受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
80.6	-55.0	42.0
80.6	-45.0	63.5
80.6	-62.0	23.6

映像TSL	測定所要D/U	補正值	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3	-19.4	-1.8	-21.2
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6	-11.4	3.3	-8.1
移動中継 64QAM R=5/6	-27.8	0	-27.8

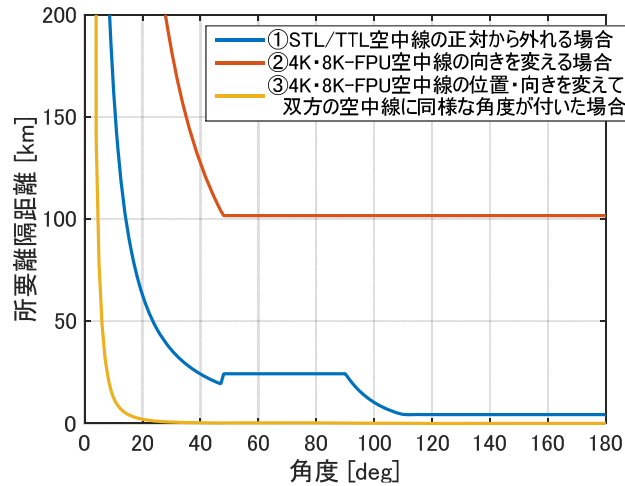
干渉波 EIRP	所望波 受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
85.0	-55.0	100.7
85.0	-45.0	143.9
85.0	-62.0	45.5

# 4.5. 映像STL/TTL, TSL

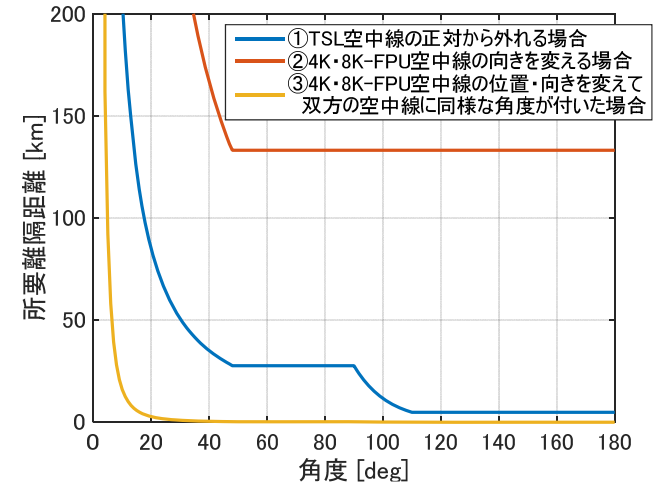
空中線の向きを考慮した所要離隔距離

同一チャンネル

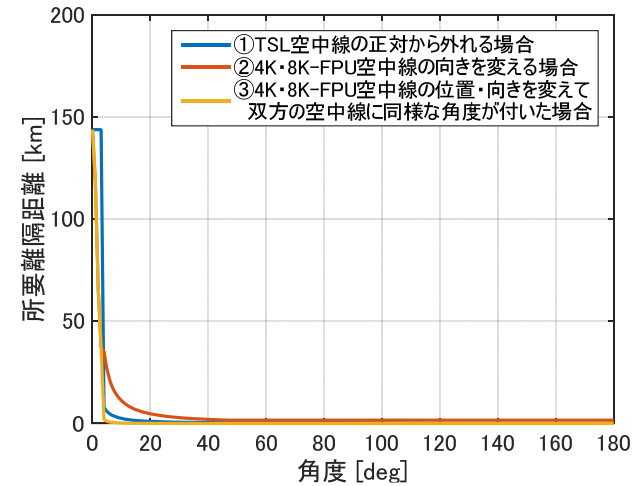
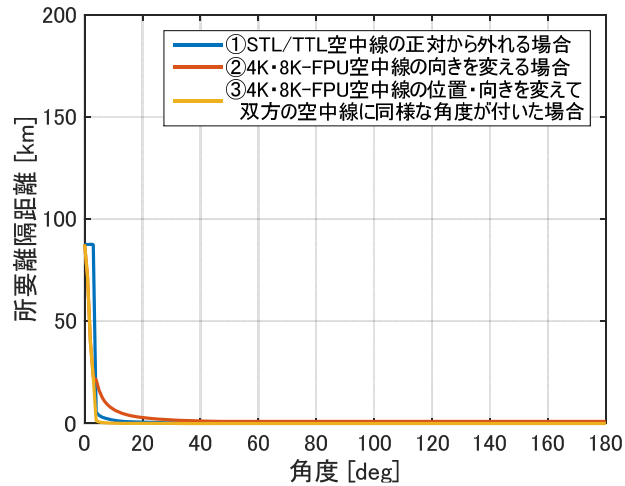
STL/TTL



TSL



隣接チャンネル



IF伝送方式で、固定中継（高品質伝送）モデルの場合（最悪値の場合）

固定中継（高品質伝送）モデルの場合（最悪値の場合）



## 4.5. 映像STL/TTL, TSL

共用可能性

- 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。

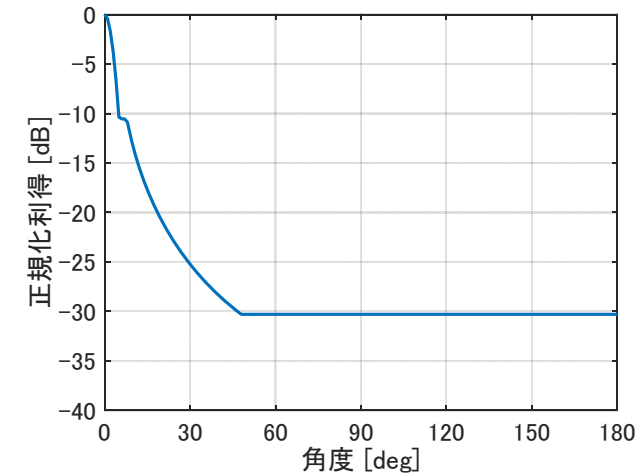
※実際には、大地が球面であること等による見直し外となるため、送受信局の高さにもよるが50～100km程度と推定

# 4.6. 現行FPU

## 主な検討条件

現行FPUの諸元

	シングルキャリア (SC) 方式	OFDM方式
周波数帯	B, C, D, E, F, Gバンド	
最大EIRP	規定なし (下記より61.0dBm)	規定なし (下記より66.2dBm)
最大空中線利得	規定なし (実際の運用に即した値29.2dBiを想定する)	
最大空中線電力	1.5W	5W
偏波	直線偏波・円偏波 (円偏波も規定されているが、高利得アンテナ使用時は直線偏波であるので、直線偏波を想定)	
空中線放射パターン	規定なし (共用検討用の空中線放射パターンに関する勧告 (Rec. ITU-R F.699-7) を用いる (右図) )	
その他	現行FPUと4K・8K-FPUは、隣接関係における干渉検討とする。(放送事業者間で運用調整が行われるため、同一チャンネルの使用はない)	



現行FPUの空中線放射パターン

開口径D=0.6m、最大利得G<sub>0</sub>=29.2dBiとしたパターン

※ここでは、Cバンドで検討を行うが、E,F,Gバンド等周波数が高い場合は、空中線利得もそれに応じてEIRPも大きくなるが、伝搬損失も大きくなるため、所要離隔距離は変わらない。

### 所要D/Uの測定について

4.5. 映像STL/TTL、TSLの所要D/Uの測定と同様に行う。

# 4.6.現行FPU

## 所要D/U測定結果と離隔距離の計算

OFDM方式の方が、SC方式に比べて送信電力（EIRP）が大きいため、所要離隔距離も大きくなっている。最悪値は固定中継（高品質伝送）の場合で18.6kmである。

所要D/U（実験による）

→

周波数 (MHz)	6435
4K・8K-FPU受信空中線 利得-給電線損失 (dB) (上) 固定 (下) 移動	30
	22.7

所要離隔距離計算

現行FPU (SC)	(dB)	(dB)	(dB)
	測定所要D/U	補正值	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3	-19.4	-1.8	-21.2
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6	-11.4	3.3	-8.1
移動中継 64QAM R=5/6	-27.8	0	-27.8

(dBm)	(dBm)	(km)
干渉波 EIRP	所望波 受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
61.0	-55.0	6.4
61.0	-45.0	9.2
61.0	-62.0	2.9

現行FPU (OFDM)	(dB)	(dB)	(dB)
	測定所要D/U	補正值	所要D/U
固定中継 (標準) 1024QAM R=2/3	-19.0	-1.8	-20.8
固定中継 (高品質) 4096QAM R=5/6	-10.5	3.3	-7.2
移動中継 64QAM R=5/6	-27.8	0	-27.8

(dBm)	(dBm)	(km)
干渉波 EIRP	所望波 受信電力	所要離隔距離 (正対の場合)
66.2	-55.0	12.3
66.2	-45.0	18.6
66.2	-62.0	5.3

# 4.6.現行FPU

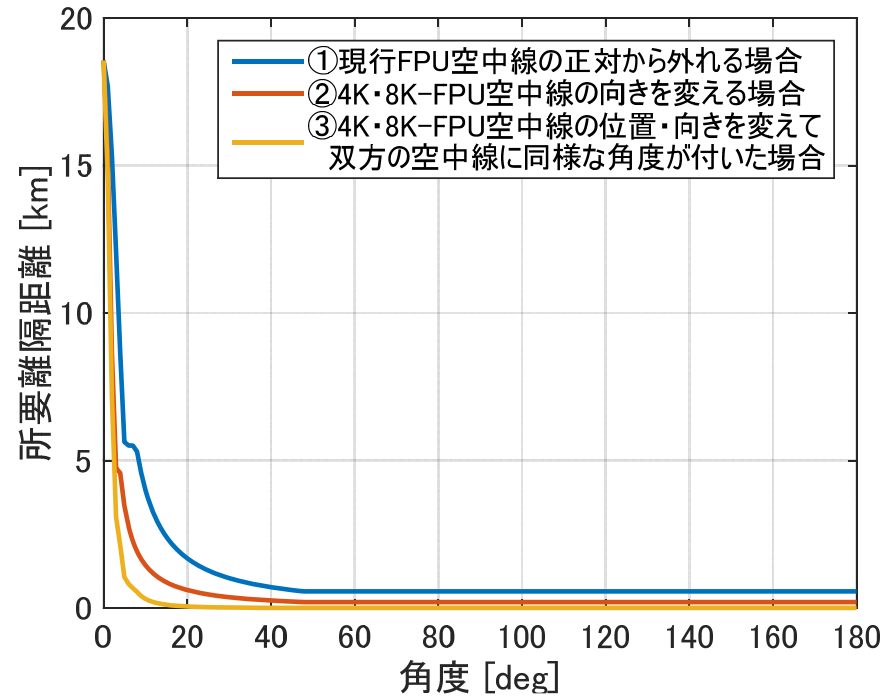
共用可能性

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。

また、正対で受信する場合は、現行FPUも4K・8K-FPUも同一FPU基地局または近接したFPU基地局で受信するケースがほとんどと考えられる。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。このため、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。



### 空中線の向きを考慮した所要離隔距離

OFDM方式で、固定中継（高品質伝送）モデルの場合（最悪値の場合）