

4K・8K-FPUと既存無線システムの共用検討結果 中間報告

2016年9月30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. 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 |

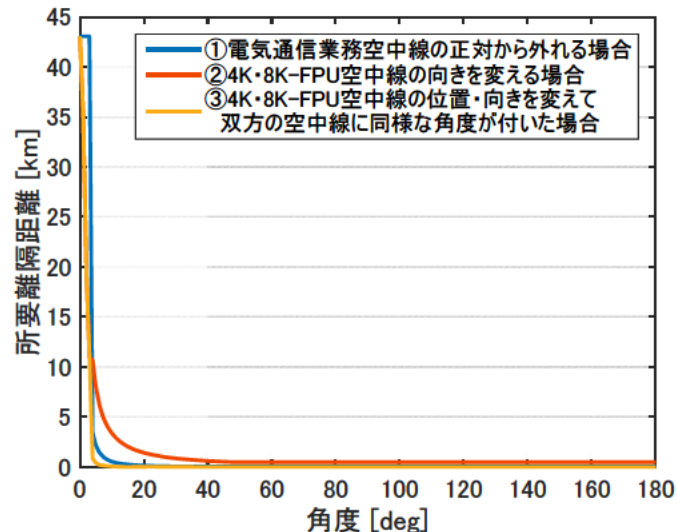
※ 公共業務、映像STL/TTL・TSLの検討結果は、本中間報告には含まない

■ 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

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、最大で数十km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 36.5MHzシステム （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 |
| 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

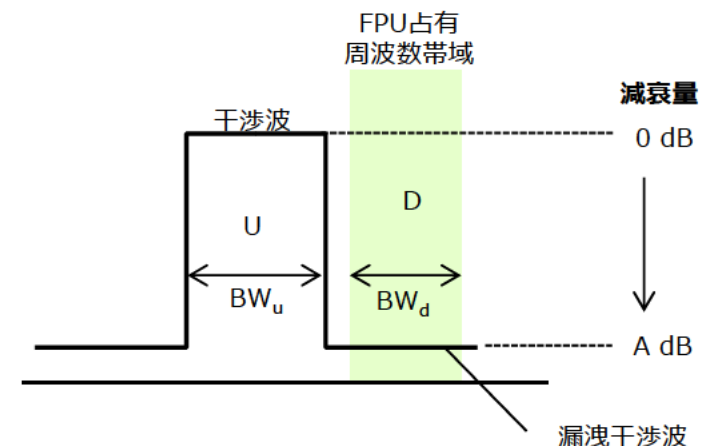
DSRC、電気通信業務、公共業務、固定衛星業務については机上で所要D/Uを求める。

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）
 - 移動伝送 28.5dB（所要C/N 21.2dB）※「基本的な技術的条件の検討（暫定案）」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）や実機の特性を用いて仮定する
 - 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

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



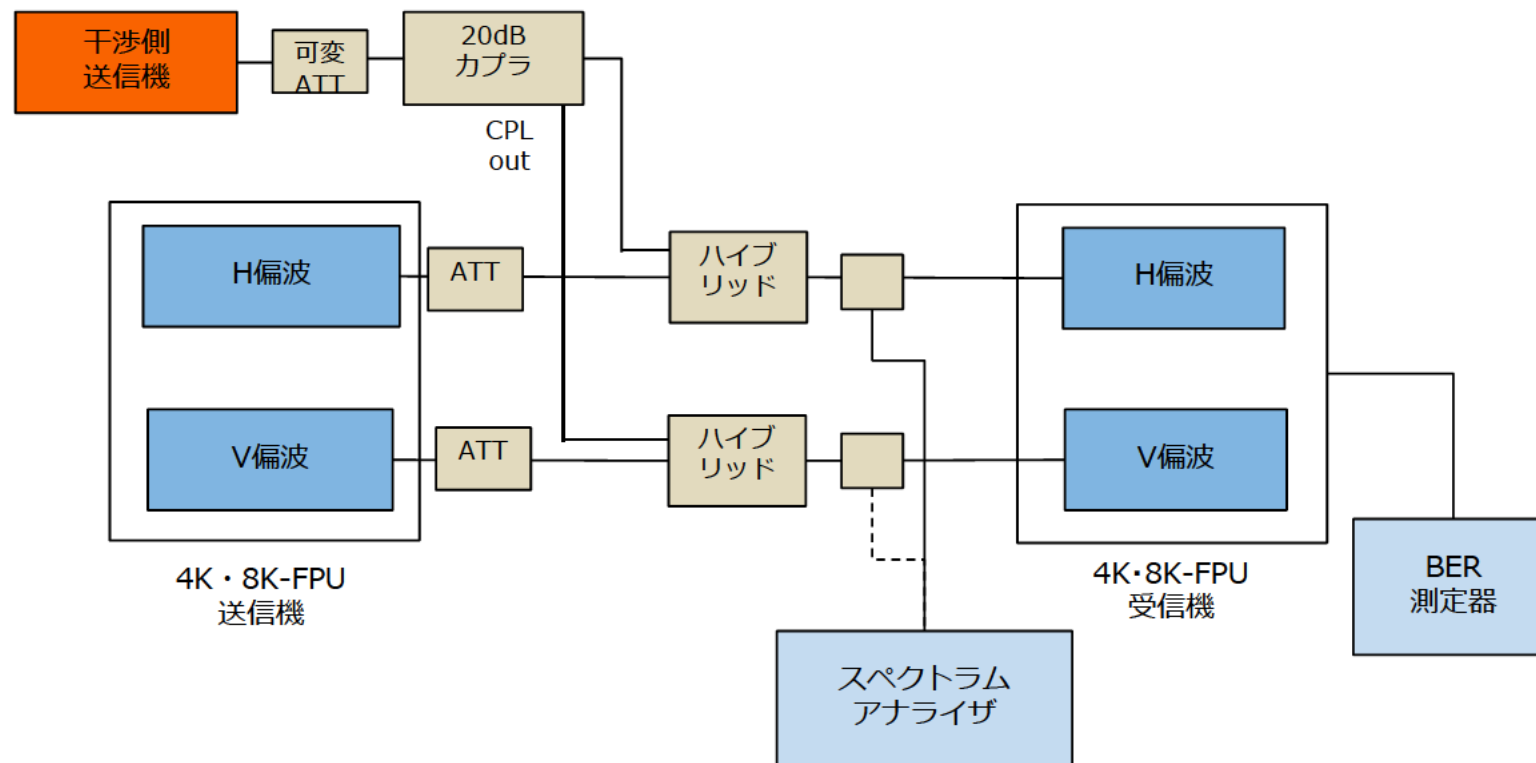
3. 共通検討条件

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「基本的な技術的条件の検討（暫定案）」の回線設計例に従って以下とする
 - 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

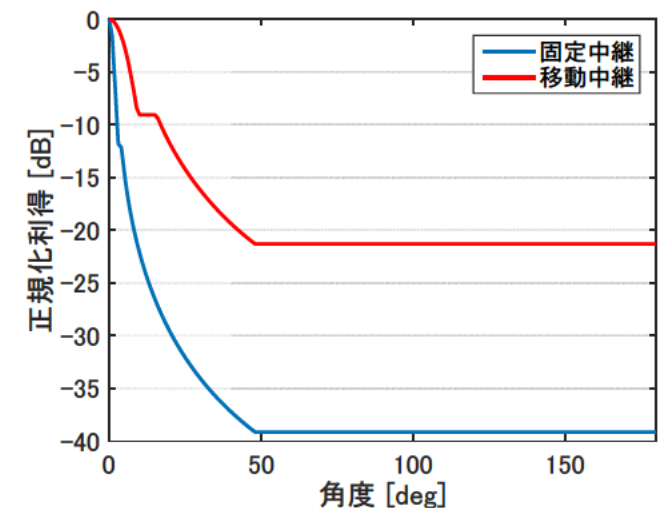
- 回線設計例から以下の空中線とする

| | 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

- 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

送信（与干渉側）

受信（被干渉側）



②被干渉側の空中線に角度を付ける場合

送信（与干渉側）

受信（被干渉側）



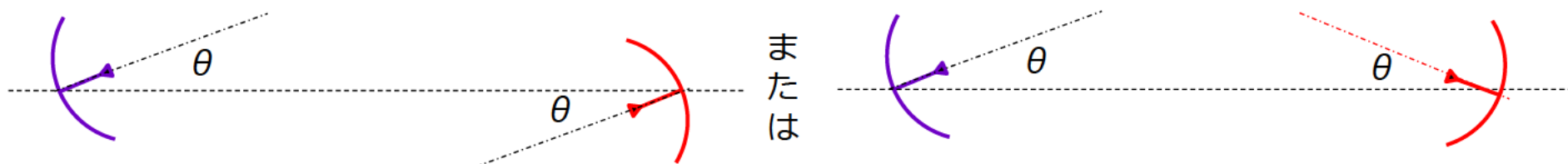
③被干渉側の位置および向きを変えて、双方の空中線に角度が同様に付く場合

送信（与干渉側）

受信（被干渉側）

送信（与干渉側）

受信（被干渉側）



4. 既存無線システムごとの検討結果

4.1.DSRC

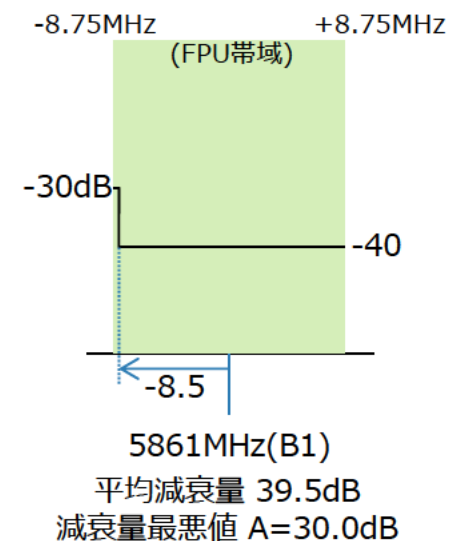
主な検討条件

DSRCの諸元

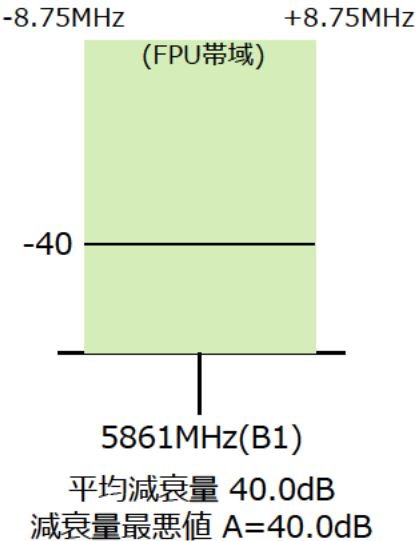
| | 移動局 (UL) | 基地局 (DL) |
|-----------|-------------------------|--------------------------------|
| 周波数帯 | Bバンドの隣接 (5770-5850MHz) | |
| 最大EIRP | 14.8dBm | 規定なし (下記より 44.8dBm) |
| 最大空中線利得 | 10dBi | 20dBi |
| 最大空中線電力 | 10mW | 300mW |
| 偏波 | 右旋円偏波 | 規定なし (移動局に合わせて 右旋円偏波と想定) |
| 空中線放射パターン | 半値幅60°以上 ±90°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

FPU帯域内 (チャンネルB1) の干渉波電力レベル

移動局 (UL) (fc: 5845MHz)



基地局 (DL) (fc: 5805MHz)

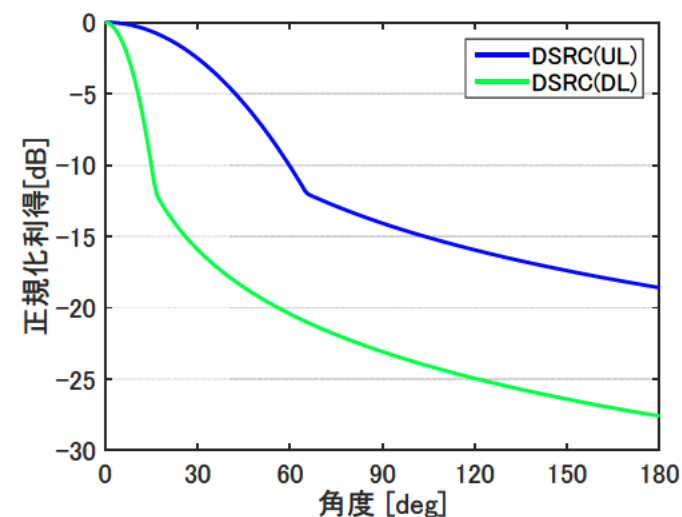


※ 仮定したスペクトルマスク内に干渉波が最大に存在する最悪ケースを想定

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。



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

| 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 |

①

(dB)

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

| 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 |

②

(dB)

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 |

| | |
|-----------------------------|------|
| 周波数 (MHz) | 5861 |
| 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) |
| 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

| 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 |

①

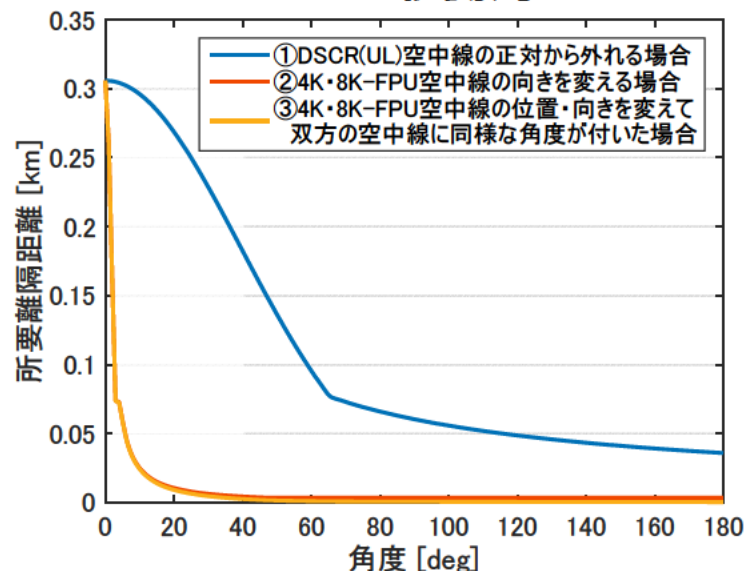
(dB)

(周波数特性なし)

所要離隔距離の計算

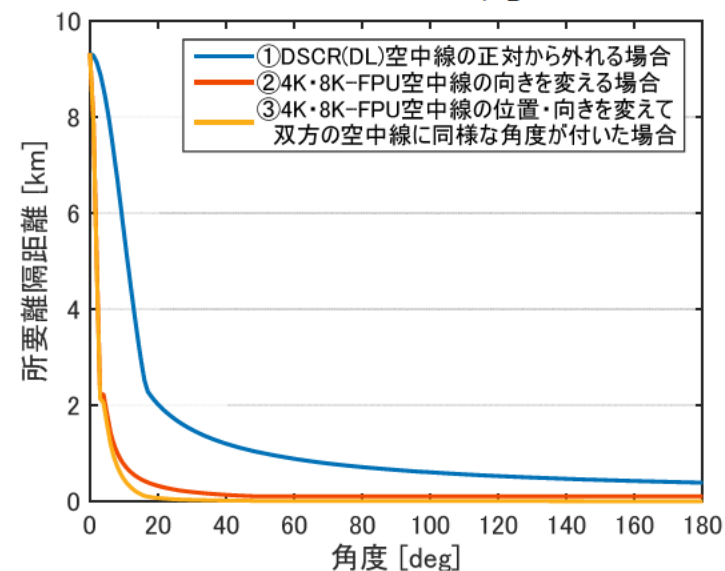
| (dBm) | (dBm) | (km) |
|---------|---------|----------------|
| 干渉波EIRP | 所望波受信電力 | 所要離隔距離 (正対の場合) |
| 41.8 | -55.0 | 9.3 |
| 41.8 | -45.0 | 9.3 |
| 41.8 | -62.0 | 4.6 |

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 |

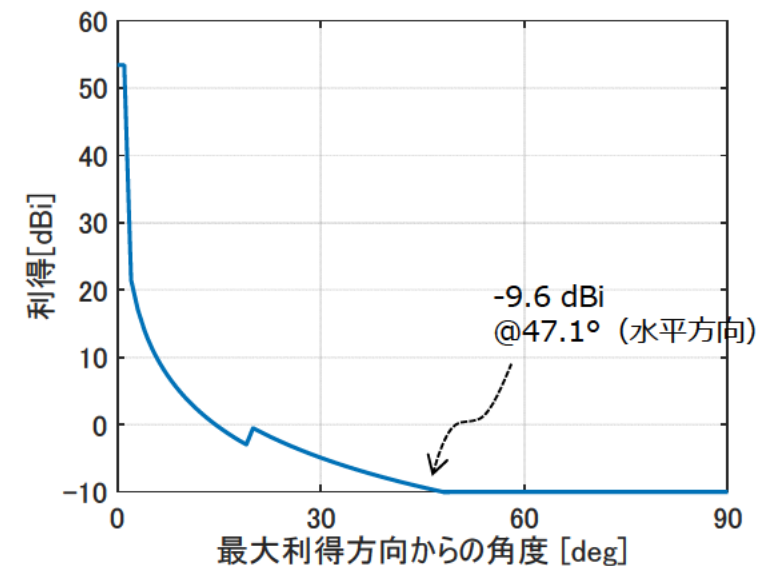
占有周波数帯域幅と空中線電力

| 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 |
| 680kHz | 645W | -33.2dBW/Hz |
| 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。

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

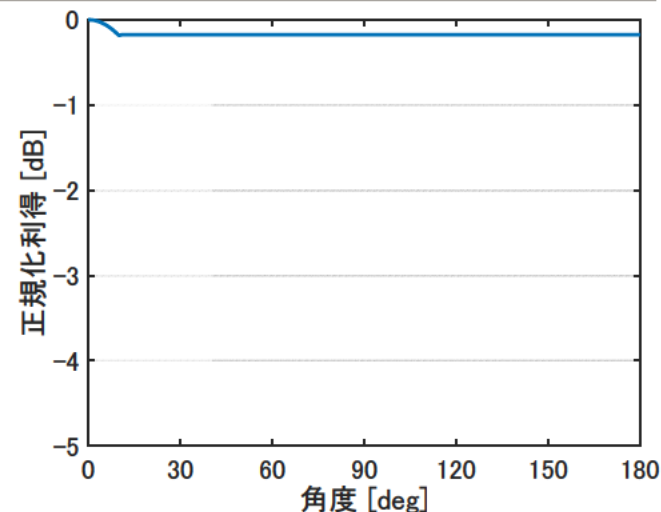


固定衛星業務地球局の空中線放射パターン

4.2.固定衛星業務(アップリンク) 所要離隔距離の計算

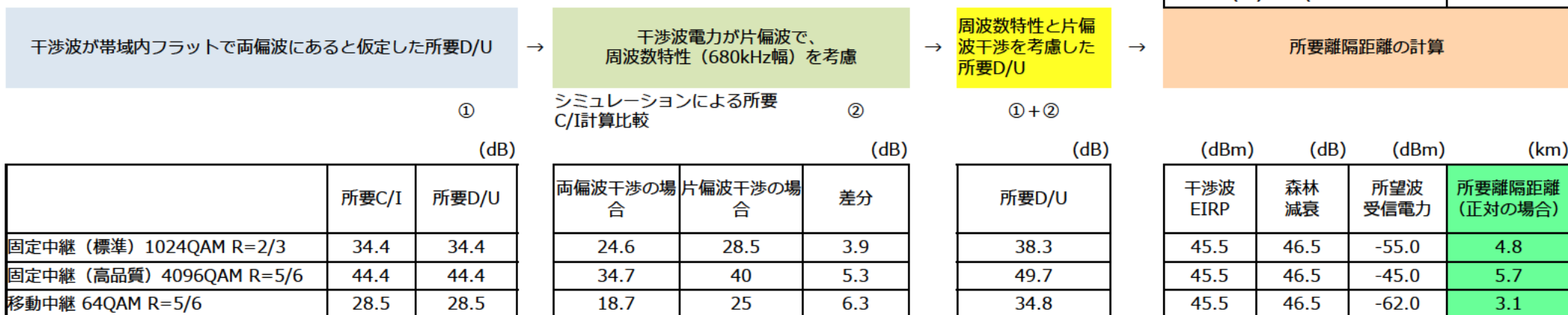
水平面内の放射パターン（正規化）は右図の通りであり、無指向性に近い。

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 |

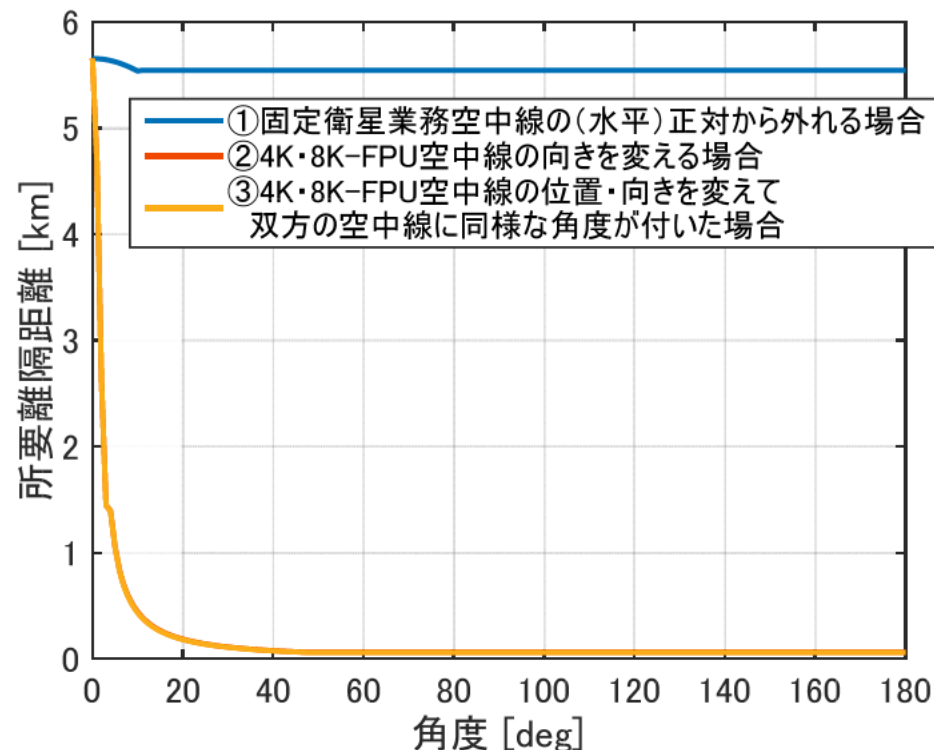


4.2.固定衛星業務(アップリンク)

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）

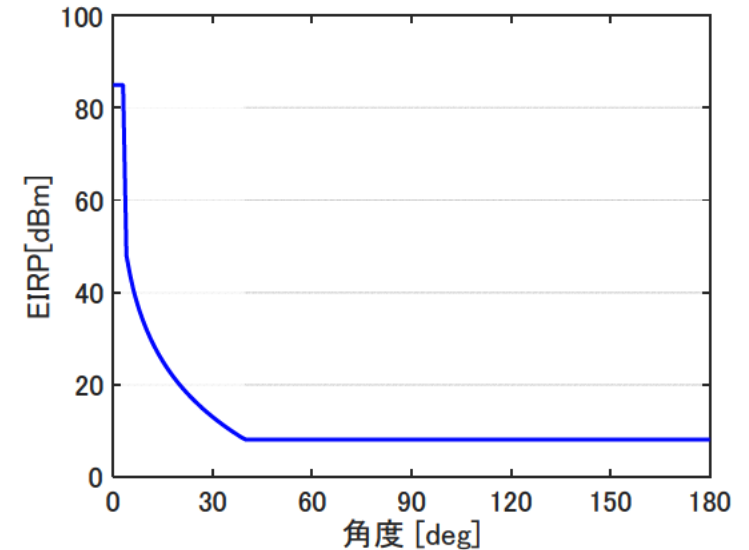
※上記グラフの赤線②は、橙色線③と重なっている

4.3.電気通信業務

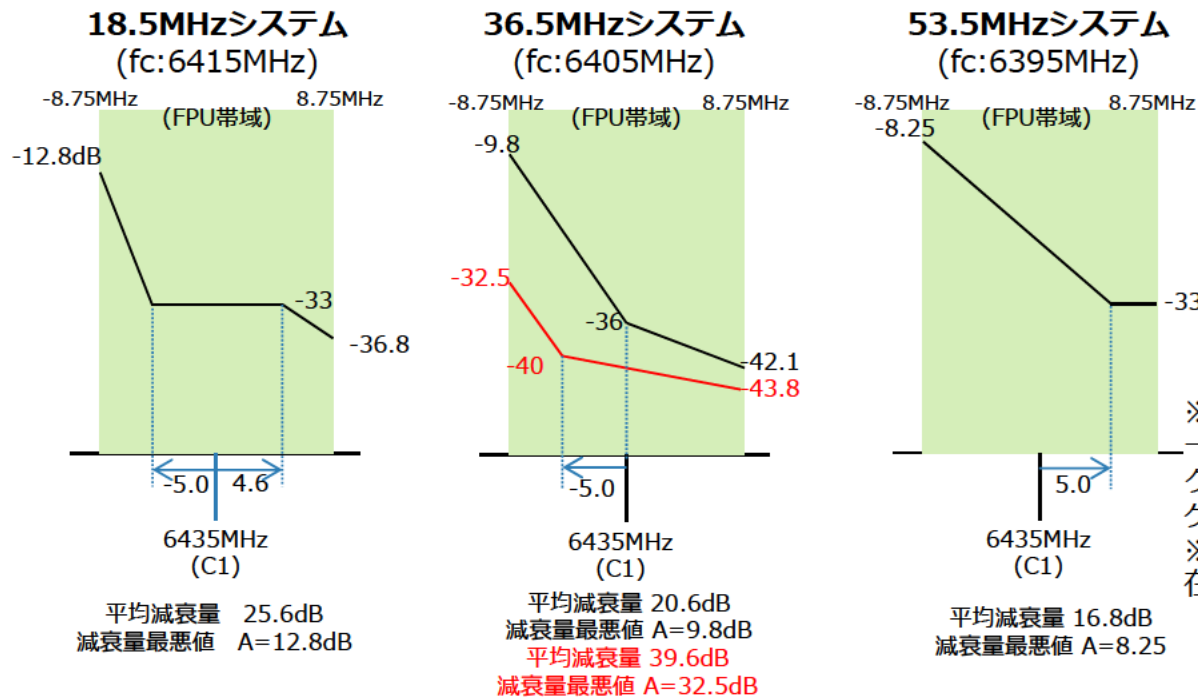
主な検討条件

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、これを利用する (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のEIRP制限値

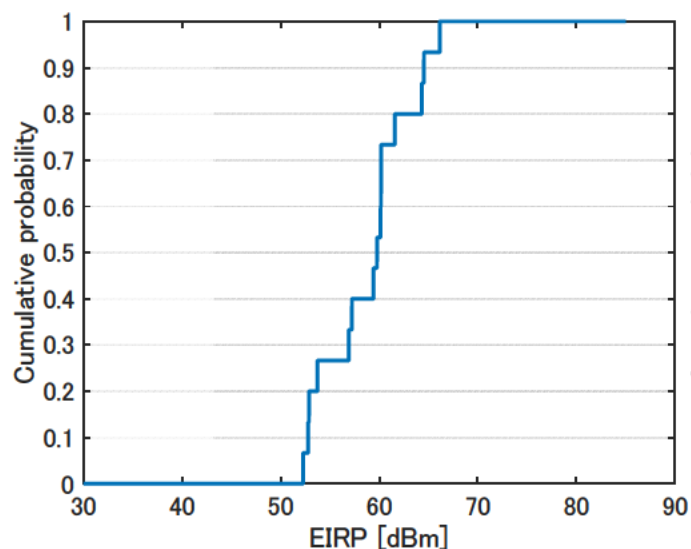
※「電波法関係審査基準 (平成13年総務省訓令第67号) の一部を改正する訓令案新旧対照表」に記載のスペクトルマスク内に、電気通信業務 (干渉波) 電力が最大に分布する最悪ケースを想定。
※ 36.5MHzシステムについては、実機の実機特性 (赤線) が存在するので、これを検討に用いる。

4.3.電気通信業務

主な検討条件

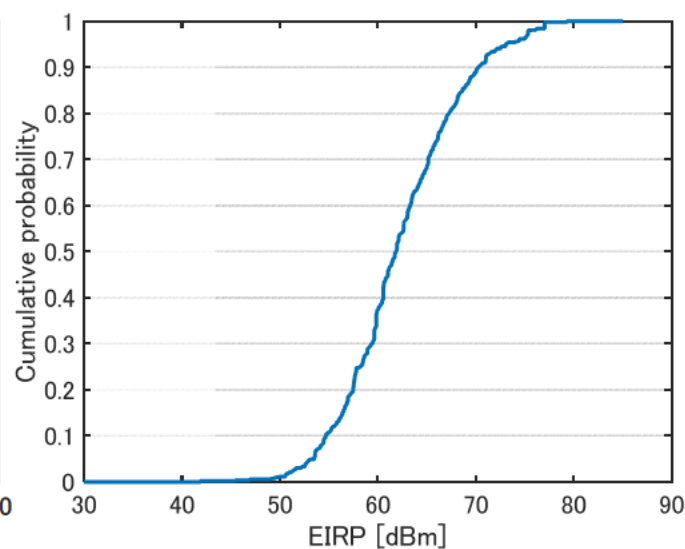
電波法関係審査基準のEIRP制限値は、海上伝搬など特殊な伝搬環境も考慮して余裕を持って設定されているため、この値を用いて計算される所要離隔距離は極めて大きく、一般的な条件とは言い難い。実情に即した検討を行うため、実際の送信局EIRPを考慮した検討を行うこととする。下図は実際のEIRPの累積分布である。

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。



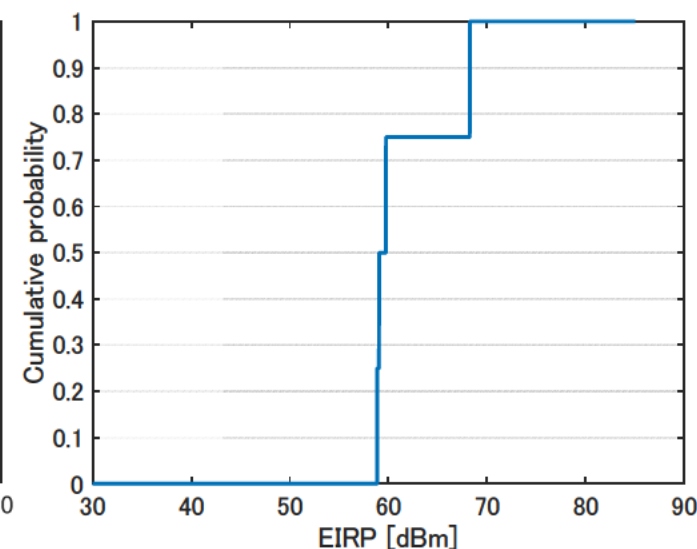
18.5MHzシステム

最大値 66.1dBm



36.5MHzシステム

最大値 79.3dBm



53.5MHzシステム

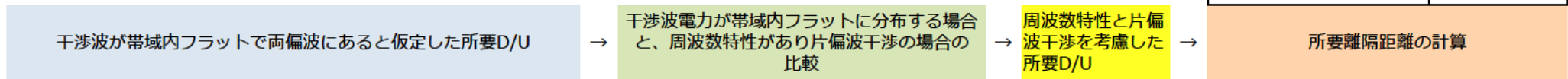
最大値 68.2dBm

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) | 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

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 |

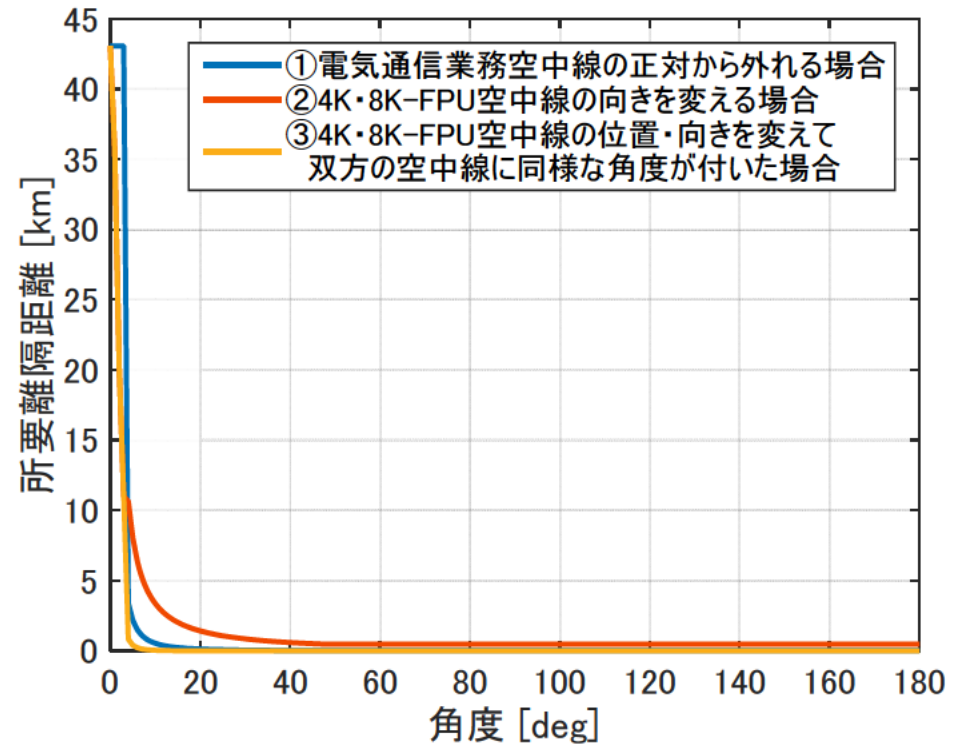
4.3.電気通信業務

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

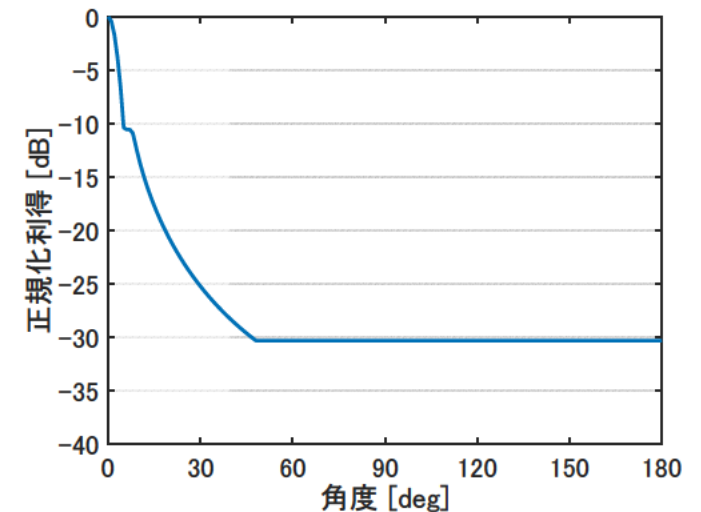
36.5MHzシステムが隣接で、固定中継（高品質伝送）モデルの場合（最悪値の場合）

4.4.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G₀=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

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) |

4.4. 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 測定結果

| 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 |

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 |

| | |
|--|------|
| 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

| (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 |

| (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 |

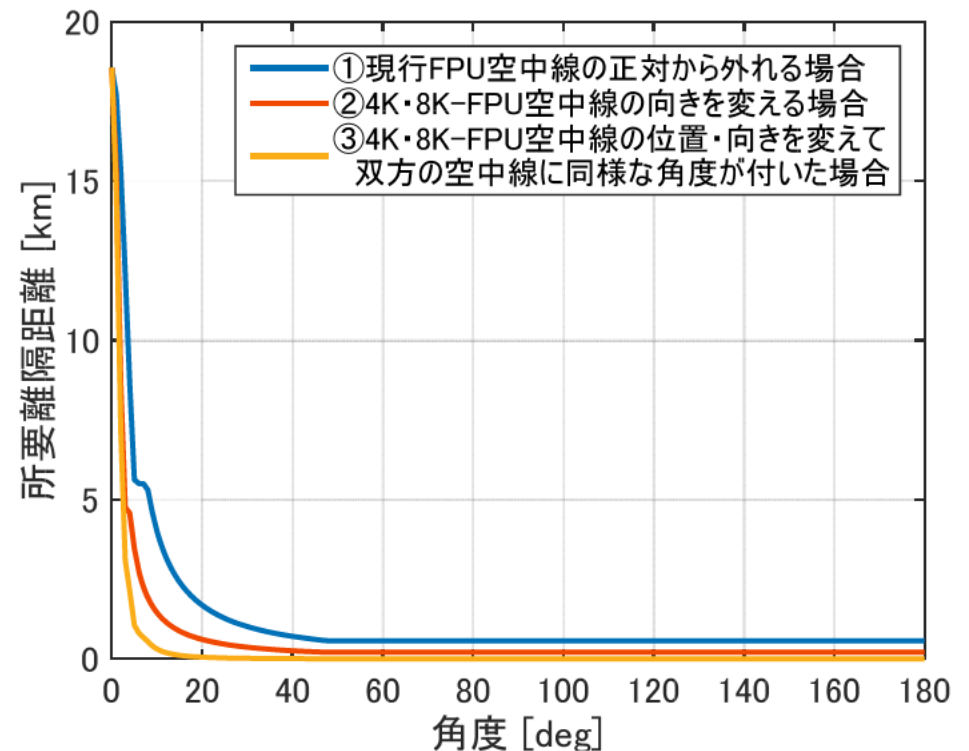
4.4.現行FPU

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）