

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作業班報告(案)
概要

平成28年11月28日

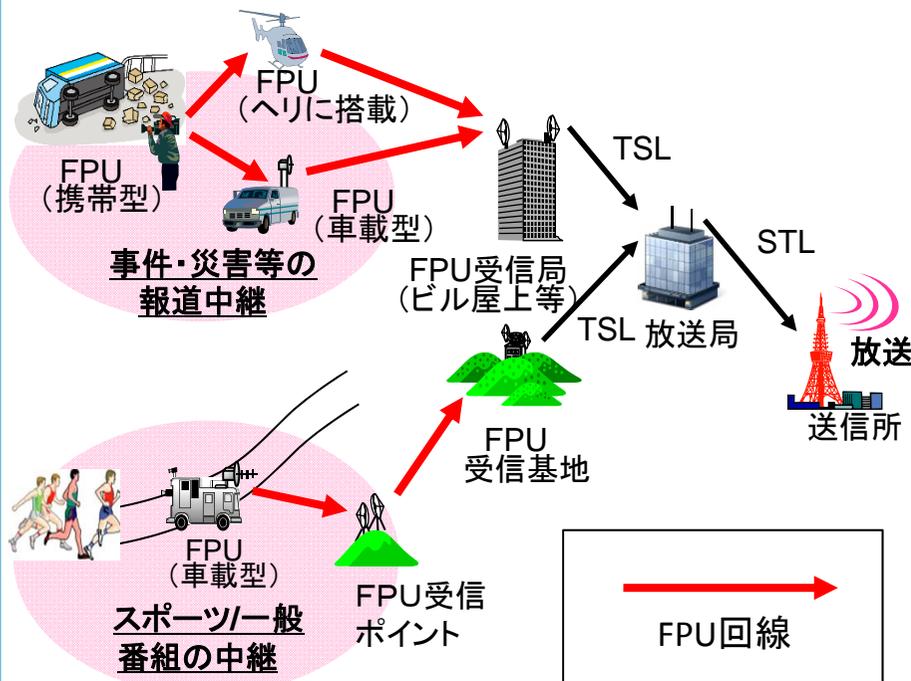
検討開始の背景

- ◆ 4K・8Kについては、平成27年7月に「4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合第二次中間報告」を公表し、2020年に4K・8K放送が一般視聴者にも広く普及するよう、2018年のBS・110° CSによる4K・8K実用放送の開始などの目標が示されている。
- ◆ こうした状況を踏まえ、番組伝送用の放送事業用無線局(FPU)についても、4K・8K素材伝送に対応した高伝送ビットレートをもつシステムが必要となるため、今般、現行の地上デジタル放送において主に使用されているマイクロ波帯※を使用するFPUの技術的条件の検討を行った。

※6GHz帯、6.4GHz帯、7GHz帯、10GHz帯、10.5GHz帯、13GHz帯

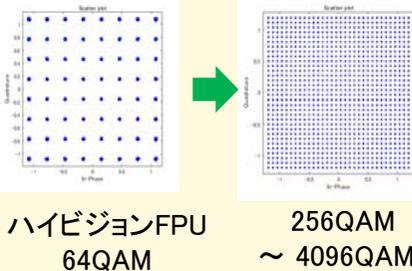
FPU※の利用イメージ

※FPU: Field Pick-up Unit

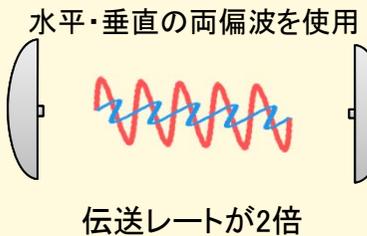


FPUの高度化のための技術

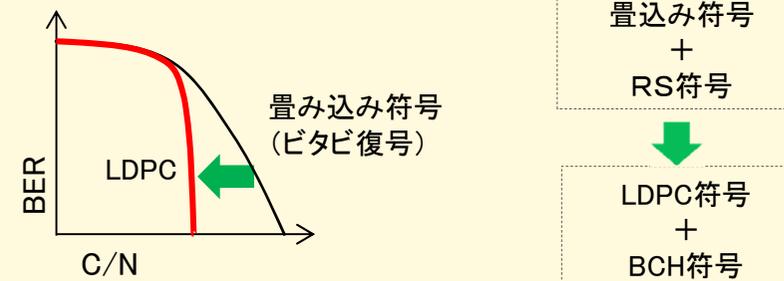
①変調の多値化



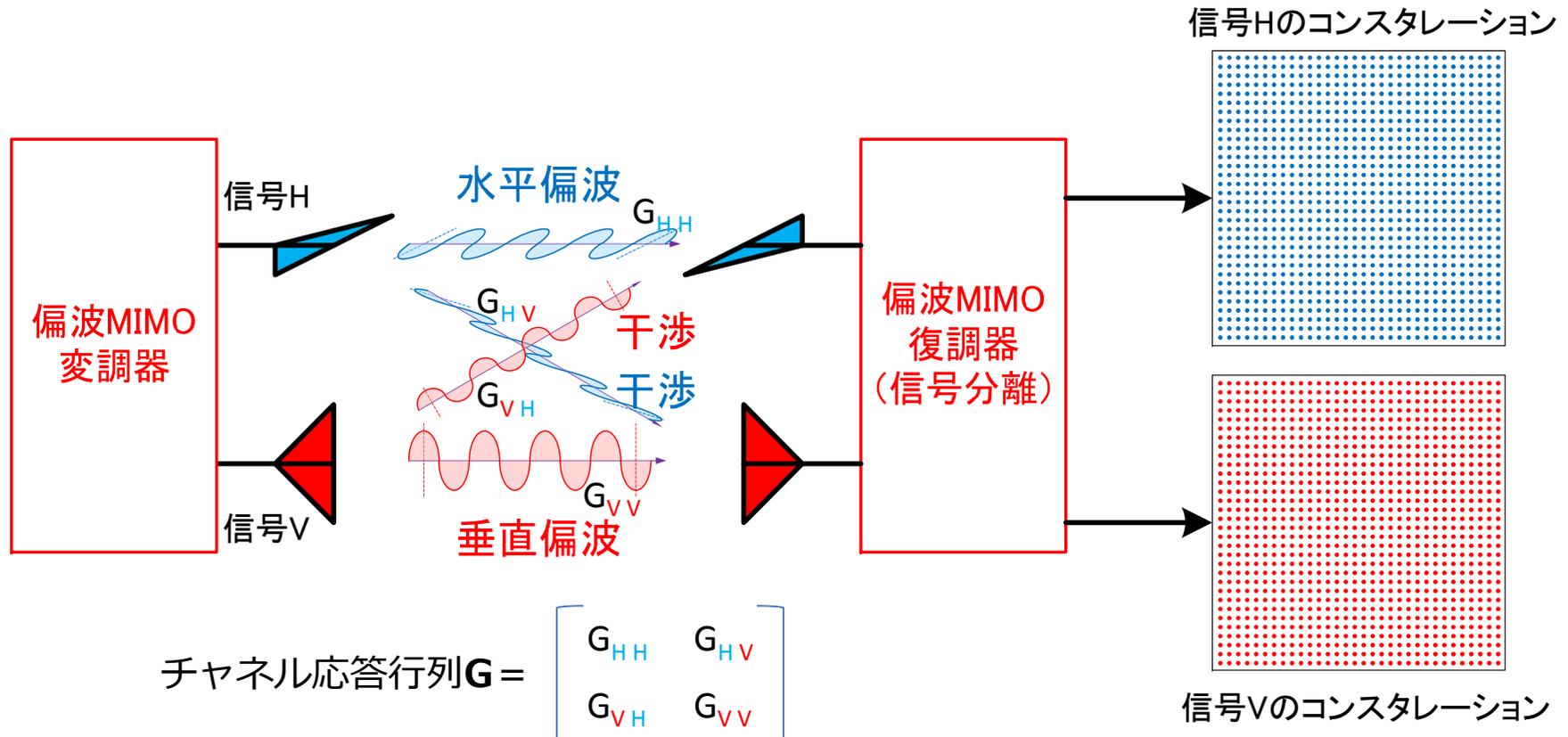
②偏波MIMO



③誤り訂正機能の強化

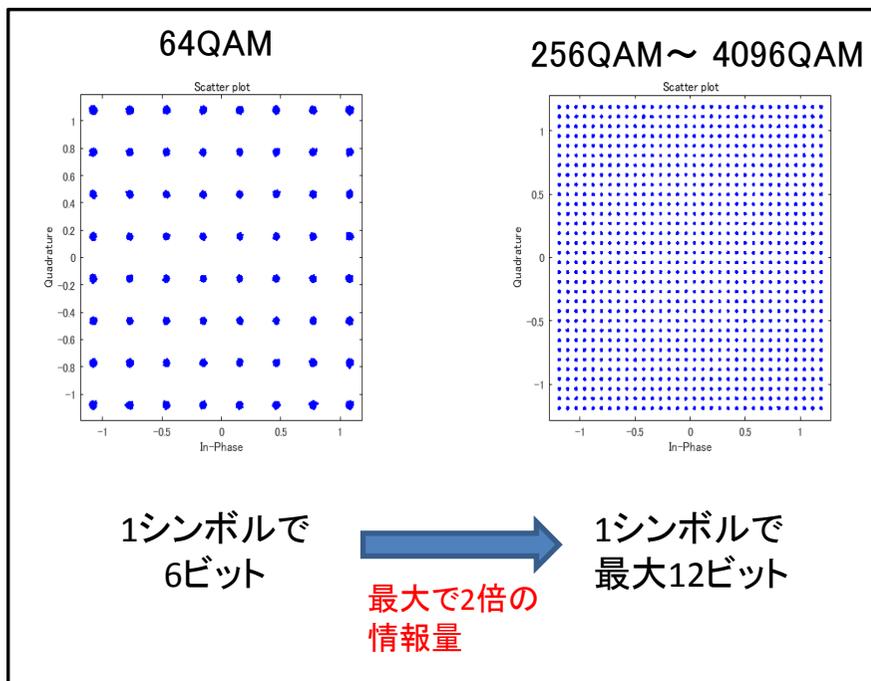


- 偏波MIMOは、MIMO技術のうち、同一チャンネルに水平偏波の電波と垂直偏波の電波を用い、互いに異なる情報を同時に伝送するもので、伝送できる情報量を大幅に増大することが可能。(理論上は2倍)
- それぞれの偏波の受信信号は、互いに他方の偏波の信号が混ざった状態になっているが、伝搬路の特性(チャンネル応答行列)を受信側で正確に推定することで、それらを精度良く分離して、情報を正しく復調することが可能。

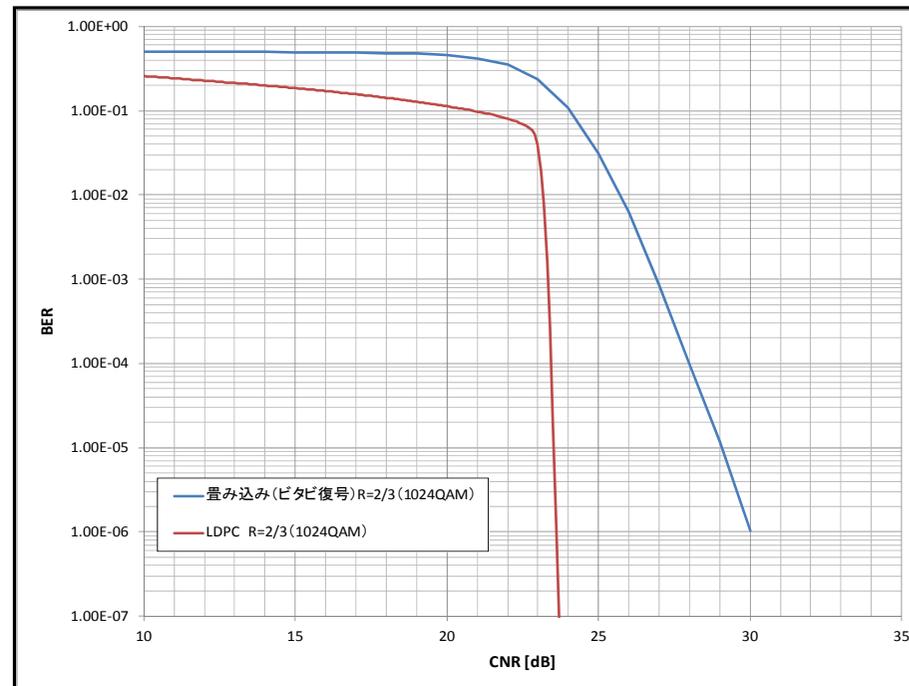


- 現行のOFDM方式のFPUでは、キャリア変調に64QAMを採用しており、1キャリアシンボルで6ビットを伝送しているが、キャリア変調に最大で4096QAMを採用することにより、1キャリアシンボルで12ビットを伝送することが可能。
- キャリア変調の多値化により、所要C/Nが劣化するため、誤り訂正機能の高度化が必要。
- 誤り訂正符号には、内符号として、理論限界に迫る高い訂正能力を持つLDPC符号(Low Density Parity Check Code)を、外符号として、リードソロモン符号と比べて簡易で符号化効率の高いBCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) 符号を採用。

【変調の多値化】



【誤り訂正符号の高度化による伝送特性の向上】



※ 1024QAM-OFDM方式の例

【要求条件】

1. 伝送

- 4K・8K放送の番組素材としての品質を維持できるよう、TSビットレートで200～300Mbit/s級の伝送を可能とする。
- 移動中継でも4K・8K放送の番組素材伝送を可能とする。
- 現行FPUと同等の運用形態を想定することから、建物などの反射によるマルチパスフェージング環境下での利用を可能とする。

2. 伝搬距離

- 固定中継において 0.1 km ～ 50 km の伝搬距離を確保できること。
- 移動中継において 0.1 km ～ 4 km の伝搬距離を確保できること。

【運用モデル】

モデル	利用用途	送信 空中線	受信空中線	伝送距離	見通し外 通信の有無	伝送レート	利用番組
固定中継 (標準)	主に報道取材現場などの撮影現場からFPU基地局又は放送局までの中・長距離伝送する標準的な用途	パラボラ φ0.6m	仮設 パラボラφ0.6m 基地局 パラボラφ1.2m	50km(B,C,D帯) 7km(E,F帯) 5km(G帯)	無	200Mbit/s	報道番組、スポーツ中継など
固定中継 (高品質)	主に撮影現場からスイッチングセンターまで、高品質な番組素材を短・中局離伝送する用途	パラボラ φ0.6m	仮設 パラボラφ0.6m 基地局 パラボラφ1.2m	16km(B,C,D帯) 2km(E,F帯) 2km(G帯)	無	300Mbit/s	音楽番組、スポーツ中継、ドラマ番組など
移動中継	主にマラソンなどのロードレース中継や報道中継用として、中継社から受信基地等までを移動しながら短・中距離伝送する用途	電磁ホーン	パラボラφ0.3m	4km(B,C,D帯) 3km(E,F帯) 3km(G帯)	無	150Mbit/s	ロードレース中継、報道番組など

技術基準の検討項目

	技術基準	現行FPU(OFDM方式)	4K・8K用FPU
1	無線周波数帯	5,850～5,925MHz(Bバンド)、6,425～6,570MHz(Cバンド)、6,870～7,125MHz(Dバンド)、10.25～10.45GHz(Eバンド)、10.55～10.68GHz(Fバンド)及び12.95～13.25GHz(Gバンド)	変更なし (現行のマイクロ波帯FPUにおいて各免許人に割当てられたチャンネルへの導入を前提とする。)
2	通信方式	単向通信方式	変更なし
3	電波の型式	X7W	変更なし
4	最大伝送容量	105Mbit/s(フルモード) 51Mbit/s(ハーフモード)	超高精細度テレビジョン放送用途(高品質伝送)での利用を可能とするため、以下の規定に変更 412 Mbit/s(フルモード) 202 Mbit/s(ハーフモード)
5	空間多重方式	未検討	MIMOの導入
6	キャリア変調方式	64QAM、32QAM、16QAM、QPSK、DQPSK、BPSK、DBPSK	4096QAM、1024QAM、256QAMを追加
7	周波数の許容偏差	7×10^{-6} 以下	変更なし
8	占有周波数帯幅	17.5MHz以下(フルモード)、 8.5MHz以下(ハーフモード)	変更なし
9	誤り訂正	以下を基本とする。 固定伝送(64QAM-OFDM) 内符号:畳み込み(5/6) 外符号:リードソロモン(204,188) 移動伝送(16QAM-OFDM) 内符号:畳み込み(3/4) 外符号:リードソロモン(204,188)	以下を基本とする。 固定伝送(標準)(1024QAM-OFDM) 内符号:LDPC(2/3) 外符号:BCH 固定伝送(高品質)(4096QAM-OFDM) 内符号:LDPC(5/6) 外符号:BCH 移動伝送(64QAM-OFDM) 内符号:LDPC(5/6) 外符号:BCH
10	C/N及びC/N配分	固定伝送:28 dB 移動伝送:22 dB	固定伝送(標準):27.1 dB 固定伝送(高品質):37.1 dB 移動伝送:21.2 dB
11	瞬断率規格、不稼働率規格	所要の伝送パラメータ等を定めるための目標値として以下を提示 固定伝送 0.5(%/年)以下(B～D帯) 1.25×10 ⁻³ (%/年)以下(E～G帯) 移動伝送 0.5(%以下)(B～D帯) 0.5(%以下) ^{※1} (E～G帯)	変更なし

検討項目(続き)

	技術基準	現行FPU(OFDM方式)	4K・8K用FPU
12	回線設計と空中線電力	標準受信電力 固定伝送: -55 dBm 移動伝送: -61 dBm 空中線電力 10.6~10.68GHz以外: 0.2W(5W) ^{※2} 10.6~10.68GHz: 0.2W(0.5W) ^{※2}	標準受信電力 固定伝送(標準): -55 dBm 固定伝送(高品質): -45 dBm 移動伝送: -62 dBm 空中線電力 変更なし
13	空中線電力の許容値	上限: 20%以内 下限: 50%以内	変更なし
14	送信スペクトルマスク	フルモード $f_0 \pm 9$ MHz 以上で -37 dB 以下 ハーフモード $f_0 \pm 4.5$ MHz 以上で -37 dB 以下	変更なし
15	スプリアス及び不要発射	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値 100 μ W以下 スプリアス領域における不要発射の強度の許容値 50 μ W以下	変更なし
16	偏波	直線(水平又は垂直)、円	水平及び垂直の組合せ、右旋及び左旋の組合せを追加
17	他の無線システムとの干渉検討	アナログ方式のFPU、シングルキャリア方式のデジタルFPUとの共用を前提に、隣接チャンネルでの利用可能性について検討	現行のデジタルFPU並びに同一周波数帯及び隣接周波数帯を使用する他の無線システムとの共用条件(所要離隔距離)について検討
18	測定法	-	MIMO伝送を想定した測定項目及び測定方法を検討

※1 降雨による回線瞬断率。これに加え、マルチパスフェージングによる回線瞬断率も0.5%以下とする。

※2 隣接チャンネルでアナログ回線が使用されていないことが確認できる等、既設アナログ回線との間で干渉等の問題がない場合には括弧内の値とする。

最大伝送容量の検討

- 最大伝送容量の検討にあたっては、まず、4K・8K素材伝送に必要な映像ビットレート(ESビットレート)の検証が必要。
- 電波産業会(ARIB)の素材伝送用HEVCコーデック評価JTGにおいて、ITU-R勧告BT.500-13 (01/2012)に基づく二重刺激連続品質尺度(DSCQS)法による画質評価が行われ、所要ビットレートを検証。
- 検証結果に基づき、4K・8K素材伝送に必要な変調パラメータ及びパイロット信号、制御信号を含めた伝送容量について検討。

送信モード	モデル	ESビットレート※1	TSビットレート	ESビットレートを満たす変調方式※2	最終的な伝送容量※3
フルモード	固定中継(標準)	188Mbit/s 以上	200Mbit/s 以上	1024QAM (符号化率:2/3)	344Mbit/s
	固定中継(高品質)	285Mbit/s 以上	300Mbit/s 以上	4096QAM (符号化率:5/6)	412Mbit/s
	移動中継	140 Mbit/s 以上	150 Mbit/s 以上	64QAM (符号化率:5/6)	206Mbit/s
ハーフモード	固定中継(標準)	87Mbit/s 以上	100Mbit/s 以上	1024QAM (符号化率:2/3)	168Mbit/s
	固定中継(高品質)	135Mbit/s 以上	150Mbit/s 以上	4096QAM (符号化率:5/6)	201Mbit/s
	移動中継	72Mbit/s 以上	75 Mbit/s 以上	64QAM (符号化率:5/6)	101Mbit/s

※1 ARIBの素材伝送用HEVCコーデック評価JTGによる評価実験の結果

※2 MIMO運用時。変調方式、符号化率は所要C/Nが可能な限り低くなるものを選択。

※3 パイロット信号、制御信号(TMCC、AC)を付加した理論上の最大伝送容量

誤り訂正内符号(LDPC符号)復号後のビット誤り率 10^{-7} を満足する所要C/Nの理論値に、送受信装置の固定劣化4dBを加えたものを所要C/Nとする。

固定中継(標準伝送)の場合(1024QAM-OFDM、符号化率2/3)

所要C/N	27.1dB	熱雑音 (48%)	30.3dB
		歪雑音 (2%)	44.1dB
		干渉雑音(50%)	30.1dB
		同一伝搬路	32.1dB (35.1dB × 2波)
		異伝搬路	34.4dB (37.4dB × 2波)

固定中継(高品質伝送)の場合(4096QAM-OFDM、符号化率5/6)

所要C/N	37.1dB	熱雑音 (48%)	40.3dB
		歪雑音 (2%)	54.1dB
		干渉雑音(50%)	40.1dB
		同一伝搬路	42.1dB (45.1dB × 2波)
		異伝搬路	44.4dB (47.4dB × 2波)

移動中継の場合(64QAM-OFDM、符号化率5/6)

所要C/N	21.2dB	熱雑音 (48%)	24.4dB
		歪雑音 (2%)	38.2dB
		干渉雑音(50%)	24.2dB
		同一伝搬路	26.2dB (29.2dB × 2波)
		異伝搬路	28.5dB (31.5dB × 2波)

占有周波数帯域幅、空中線電力は、現行規定の範囲となることを前提とし、所要ビットレートでの伝送が可能な変調方式等のパラメータを想定して、回線設計を行った。

【回線設計例(B,C,Dバンドの例)】

固定中継 (標準) B, C, Dバンド
送信アンテナ ϕ 0.6m、受信アンテナ ϕ 0.6m

B,C,Dバンド	1024QAM, R=2/3 フルモード	1024QAM, R=2/3 ハーフモード
送信周波数f [GHz]	6.5	6.5
送信出力W [W]	2.5	1.25
送信出力W [dBm]	34.0	31.0
送信アンテナ直径 It [m]	0.6	0.6
送信アンテナ利得Gt [dBi](アンテナ効率)	30.0	30.0
送信給電線損失Lt [dB]	0.5	0.5
実効放射電力 (WGt/Lt) [dBm]	63.5	60.5
伝送距離d [km]	50.0	50.0
自由空間伝搬損失 ($\lambda / 4\pi d$) ² [dB]	142.7	142.7
受信アンテナ直径 lr [m]	0.6	0.6
受信アンテナ利得Gr [dBi](アンテナ効率)	30.0	30.0
受信給電線損失Lr [dB]	1.3	1.3
年間回線瞬断率(フェージング) [%]	0.5	0.5
所要フェージングマージンFmr [dB]	5.1	5.1
受信電力 Ci [dBm]	-55.6	-58.6
ボルツマン定数k [W/(Hz·K)]	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数k [dBm/(Hz·K)]	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8
等価雑音帯域幅B [MHz]	17.5	8.5
等価雑音帯域幅B [dBHz]	72.4	69.3
受信機雑音指数F [dB]	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni=kT ₀ BF [dBm]	-97.4	-100.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	41.8	41.9
所要C/N [dB]	27.1	27.1
伝送マージン [dB]	14.7	14.8

固定中継 (高品質) B, C, Dバンド
送信アンテナ ϕ 0.6m、受信アンテナ ϕ 0.6m

B,C,Dバンド	4096QAM, R=5/6 フルモード	4096QAM, R=5/6 ハーフモード
送信周波数f [GHz]	6.5	6.5
送信出力W [W]	2.5	1.25
送信出力W [dBm]	34.0	31.0
送信アンテナ直径 It [m]	0.6	0.6
送信アンテナ利得Gt [dBi](アンテナ効率)	30.0	30.0
送信給電線損失Lt [dB]	0.5	0.5
実効放射電力 (WGt/Lt) [dBm]	63.5	60.5
伝送距離d [km]	16.0	16.0
自由空間伝搬損失 ($\lambda / 4\pi d$) ² [dB]	132.8	132.8
受信アンテナ直径 lr [m]	0.6	0.6
受信アンテナ利得Gr [dBi](アンテナ効率)	30.0	30.0
受信給電線損失Lr [dB]	1.3	1.3
年間回線瞬断率(フェージング) [%]	0.5	0.5
所要フェージングマージンFmr [dB]	5.1	5.1
受信電力 Ci [dBm]	-45.7	-48.7
ボルツマン定数k [W/(Hz·K)]	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数k [dBm/(Hz·K)]	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8
等価雑音帯域幅B [MHz]	17.5	8.5
等価雑音帯域幅B [dBHz]	72.4	69.3
受信機雑音指数F [dB]	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni=kT ₀ BF [dBm]	-97.4	-100.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	51.7	51.8
所要C/N [dB]	37.1	37.1
伝送マージン [dB]	14.6	14.7

【回線設計例(B,C,Dバンドの例)】

移動中継 B, C, Dバンドの回線設計例
 送信アンテナ 電磁ホーン、受信アンテナ $\phi 0.3\text{m}$

B, C, Dバンド	64QAM, R=5/6 フルモード	64QAM, R=5/6 ハーフモード
送信周波数f [GHz]	6.5	6.5
送信出力W [W]	2.5	1.25
送信出力W [dBm]	34.0	31.0
送信アンテナ利得Gt [dBi](電磁ホーン)	12.0	12.0
送信給電線損失Lt [dB]	0.5	0.5
実効放射電力 (WGt/Lt) [dBm]	45.5	42.5
伝送距離d [km]	3.7	3.7
自由空間伝搬損失 ($\lambda / 4\pi d$) ² [dB]	120.1	120.1
受信アンテナ直径 lr [m]	0.3	0.3
受信アンテナ利得Gr [dBi](アンテナ効率 50%)	23.2	23.2
受信給電線損失Lr [dB]	0.5	0.5
一区間瞬断時間率[%]	0.5	0.5
所要フェージングマージンF _{mr rice} [dB]	10.0	10.0
受信電力 Ci [dBm]	-61.9	-64.9
ボルツマン定数k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8
等価雑音帯域幅B [MHz]	17.5	8.5
等価雑音帯域幅B [dBHz]	72.4	69.3
受信機雑音指数F [dB]	4.0	4.0
受信機熱雑音 Ni=kT ₀ BF [dBm]	-97.4	-100.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	35.5	35.6
所要C/N [dB]	21.2	21.2
伝送マージン [dB]	14.3	14.4

4K・8K用FPUの技術的条件

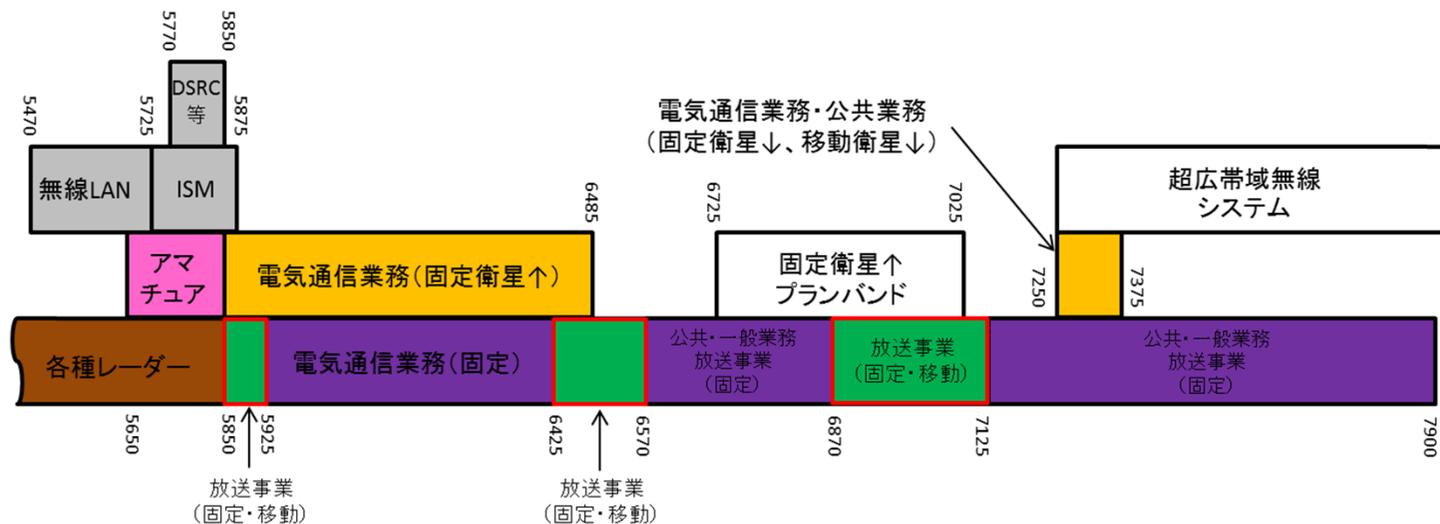
項目	技術基準の内容	現行基準からの変更点									
周波数帯	5,850 ~5,925 MHz(Bバンド)、6,425 ~6,570 MHz(Cバンド)、 6,870 ~7,125 MHz(Dバンド)、10.25 ~10.45 GHz(Eバンド)、 10.55 ~10.68 GHz(Fバンド)、12.95 ~13.25 GHz(Gバンド)	現行どおり									
通信方式	単向通信方式	現行どおり									
多重化方式	OFDM	現行どおり									
空間多重	MIMO	MIMOを導入									
変調方式	固定伝送 4096QAM、1024QAMを基本とする(256QAM、64QAM、32QAM、 16QAM、QPSK、DQPSK、BPSK、DBPSKも可) 移動伝送 64QAMを基本とする(4096QAM、1024QAM、256QAM、32QAM、 16QAM、QPSK、DQPSK、BPSK、DBPSKも可)	4096QAM、1024QAM、 256QAMを追加									
占有周波数帯域幅の許容値	フルモード: 17.5 MHz ハーフモード: 8.5 MHz	現行どおり									
最大伝送容量	フルモード: 412 Mbit/s ハーフモード: 202 Mbit/s	4K・8Kの番組素材伝送が 可能となるよう現行の規 定値を変更									
空中線電力の許容値	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>フルモード</th> <th>ハーフモード</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10.6~10.68 GHz以外</td> <td>0.2W (5W)</td> <td>0.1W (2.5W)</td> </tr> <tr> <td>10.6~10.68 GHz</td> <td>0.2W (0.5W)</td> <td>0.1W (0.25W)</td> </tr> </tbody> </table> <p>既設アナログ回線との間で干渉等の問題が無い場合には括弧内の 値とする</p>		フルモード	ハーフモード	10.6~10.68 GHz以外	0.2W (5W)	0.1W (2.5W)	10.6~10.68 GHz	0.2W (0.5W)	0.1W (0.25W)	現行どおり
	フルモード	ハーフモード									
10.6~10.68 GHz以外	0.2W (5W)	0.1W (2.5W)									
10.6~10.68 GHz	0.2W (0.5W)	0.1W (0.25W)									
空中線絶対利得の許容値	規定なし	現行どおり									
中継方式	TS信号中継方式を基本とする(IF信号中継方式、直接中継方式も可)	現行どおり									

他の無線システムとの共用検討

- 4K・8K用FPUは、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の電波の質に関する諸元は現行の規定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関する新たな検討は不要であると考えられる。
- しかし、所要C/Nが現行FPUと比較して大きくなることから、他の無線システムからの被干渉に関する共用条件は変わるため、被干渉についてのみ検討を行った。

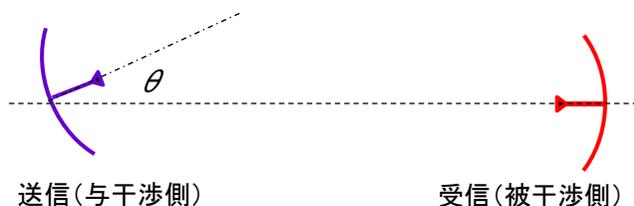
【検討対象の無線システム】

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

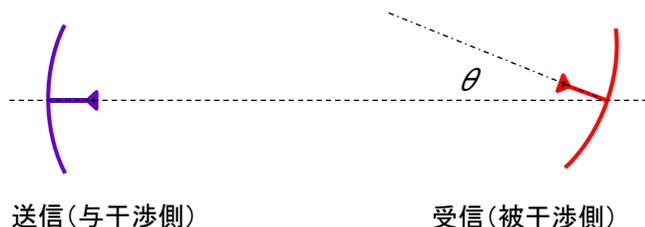


- 干渉検討においては、FPUの運用モデル毎に、検討対象の各システムに対する所要D/Uを実験又は机上検討で求め、所要離隔距離を計算することで共用の可能性を検討した。
- また、所要離隔距離の計算においては、互いの空中線が正対する場合の最悪条件を想定するとともに、空中線の指向性を考慮し、以下の3つの場合の検討を行った。

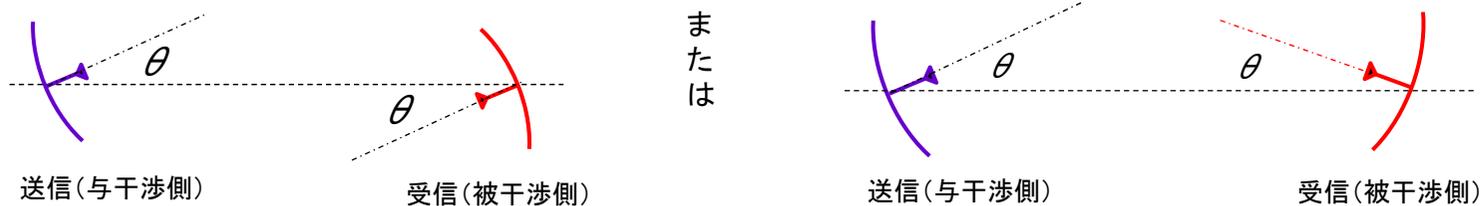
①干渉側の位置および向きを変えて、与干渉側の空中線に角度が付く場合



②被干渉側の空中線に角度を付ける場合

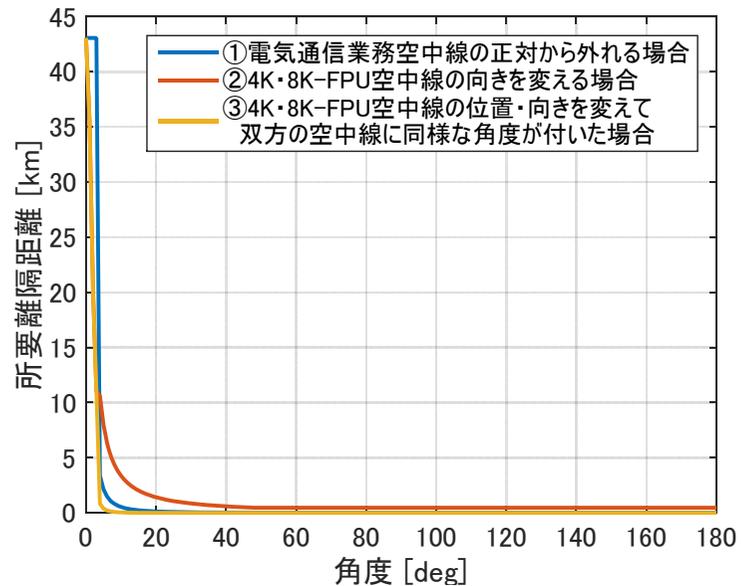


③被干渉側の位置および向きを変えて、双方の空中線に角度が同様に付く場合



共用検討の結果

- 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 (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

共用検討結果(DSRC)

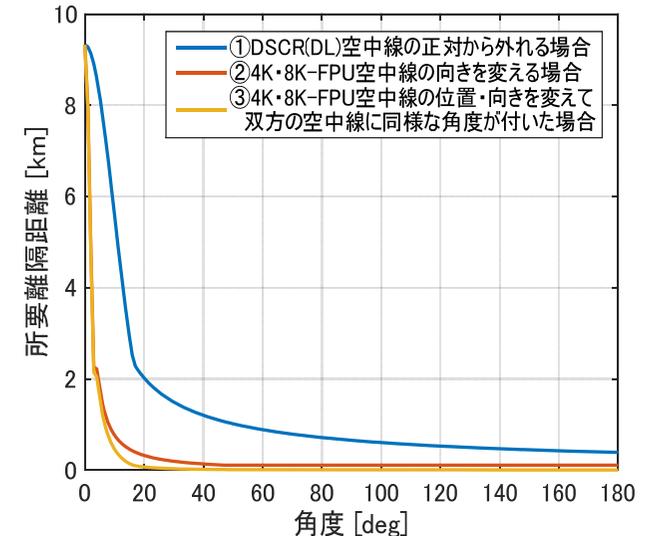
■DSRC (チャンネルB1と隣接)

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。

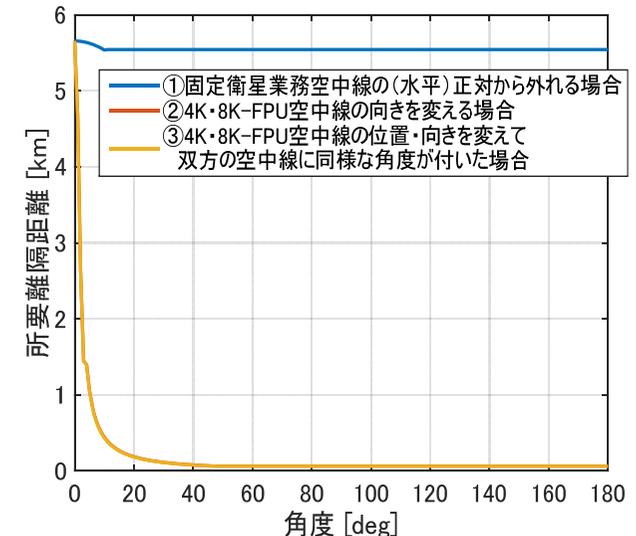
共用検討結果(固定衛星業務)

■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、共用できるものと考えます。



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

■電気通信業務(B、Cバンド隣接)

36.5MHzシステム

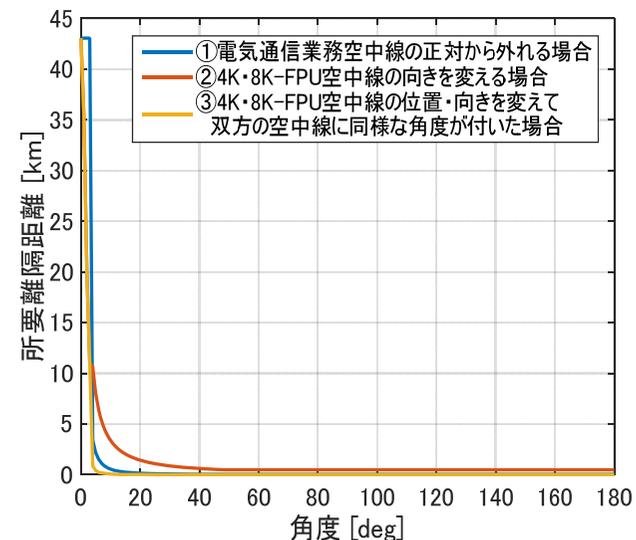
モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対) [km]
固定中継(標準伝送)	-17.3	28.4
固定中継(高品質伝送)	-3.7	43.1
移動中継	-18.0	25.4

※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

共用検討結果(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

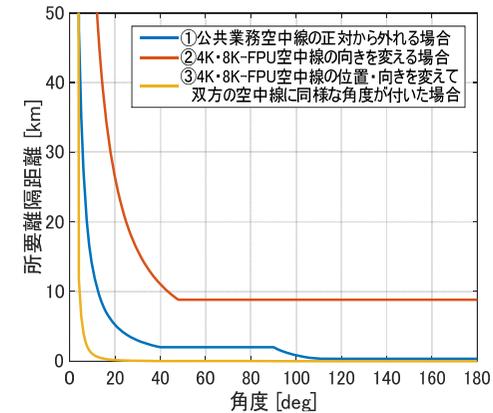
モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対)[km]
固定中継(標準伝送)	-3.8	468.4
固定中継(高品質伝送)	10.9	804.7
移動中継	-1	624.7

※ 28.5MHzシステム→隣接チャンネルD1への干渉の場合も同様

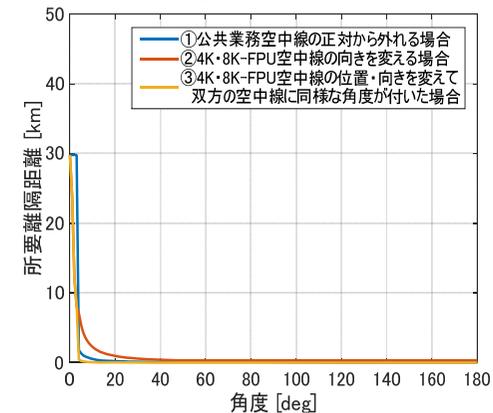
9.5MHzシステム→チャンネルC6への干渉の場合

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



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)

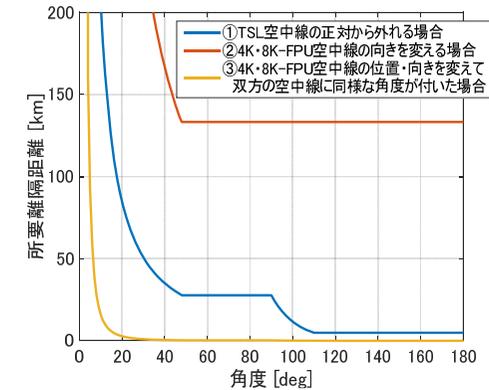
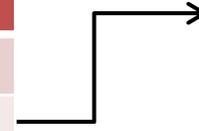
空中線が正対した場合(角度=0°)は、30km程度の離隔が必要であるが、互いの空中線の向きをずらすと離隔距離は大きく減少するため、共用は可能と考える。

共用検討結果(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)

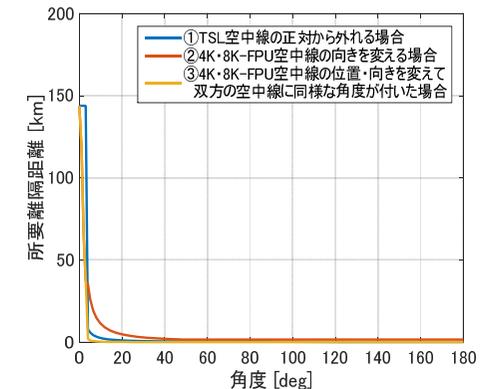
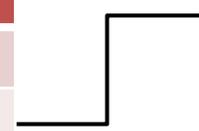
モデル	所要D/U [dB]	所要離隔距離 (正対)[km]
固定中継(標準伝送)	16.8	7977.1
固定中継(高品質伝送)	30.4	12073.8
移動中継	15.9	6947.8



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

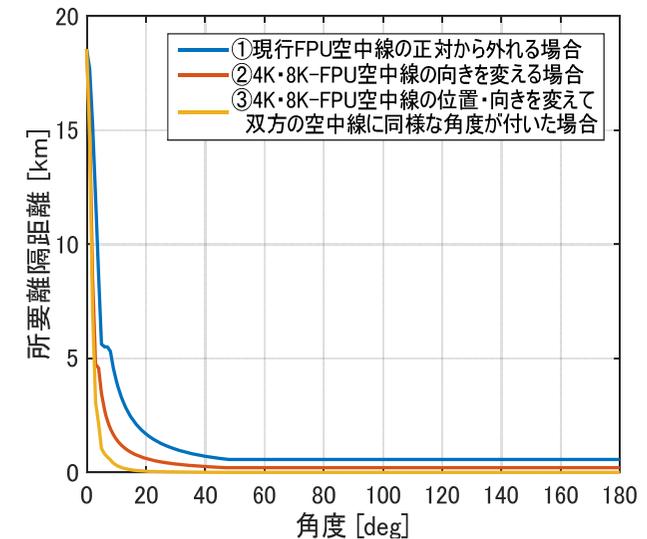
共用検討結果(現行FPU)

■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。

測定項目	測定方法
1 周波数の許容偏差	各送信機から無変調波を出力し、周波数計を用いて送信周波数を測定し、それぞれの測定値のうち、周波数の偏差が最大であることを周波数の偏差とする。
2 占有周波数帯幅の許容値	各送信機で変調信号を出力したときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれ全電力の0.5%となる周波数幅を測定する。各送信機での測定値の最大値を占有周波数帯域幅とする。
3 スプリアス発射の強度の許容値及び不要発射の強度の許容値	<p>(帯域外領域におけるスプリアス発射の強度)</p> <p>各送信機から無変調搬送波を出力した状態で、送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて平均電力を測定する。</p> <p>(スプリアス領域における不要発射の強度)</p> <p>各送信機から変調信号を出力した状態で、送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて平均電力を測定する。</p>
4 空中線電力の許容偏差	各送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、高周波電力計を用いて平均電力を測定する。
5 スペクトルマスク	各送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて測定する。