

# 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報告 概要

「放送システムに関する技術的条件」（諮問第2023号）のうち  
「放送事業用無線局の高度化のための技術的条件」のうち

「超高精細度テレビジョン放送のための1.2GHz帯及び2.3GHz帯を  
使用する放送事業用無線局（FPU）の技術的条件」

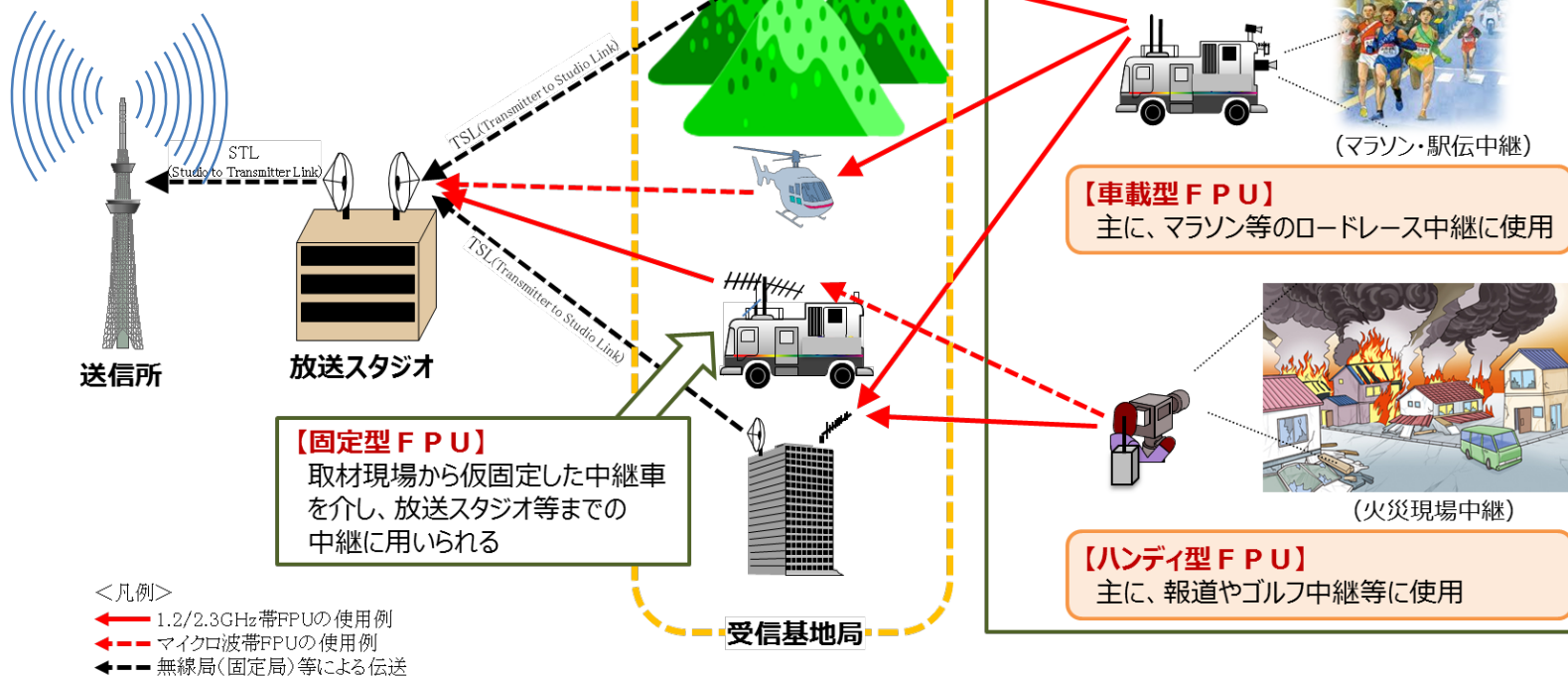
令和元年 6 月 1 8 日  
放送システム委員会

# 検討開始の背景

- ◆ 4K・8Kについては「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（平成27年7月）」を公表し、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の数多くの中継が4K・8Kで放送されている」ことなどが目標となされた。
- ◆ 番組伝送用の放送事業用無線局についても、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。今般、マラソン等ロードレースにおける移動中継に適した1.2/2.3GHz帯周波数を使用するFPUについて、現行の2Kに加えて、4K・8Kでの伝送が可能とする高度化を図るため、技術的条件の検討を行った。

## FPU※の利用イメージ

※ FPU: Field Pick-up Unit

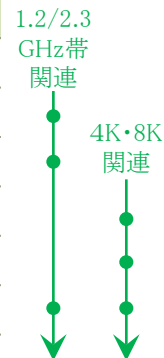


# (参考) FPUで使用する周波数帯

周波数帯の呼称		周波数帯 [帯域幅]		周波数幅 (代表値)	伝送容量 (代表値)	固定利用 伝送距離	移動利用 伝送距離	見通し外
1.2GHz帯 2.3GHz帯		1240-1300 MHz 2330-2370 MHz	[60MHz] [40MHz]	18MHz	44Mbps	50km	10km	伝送可 ←
マイクロ波帯	Bバンド(6GHz帯)	5.850-5.925 GHz	[75MHz]	18MHz	300Mbps	50km	4km	ロードレース 中継に必要  伝送不可
	Cバンド(6.4GHz帯)	6.425-6.570 GHz	[145MHz]					
	Dバンド(7GHz帯)	6.870-7.125 GHz	[255MHz]					
	Eバンド(10GHz帯)	10.25-10.45 GHz	[200MHz]					
	Fバンド(10.5GHz帯)	10.55-10.68 GHz	[130MHz]					
	Gバンド(13GHz帯)	12.95-13.25 GHz	[300MHz]			7km	3km	
						5km	3km	
ミリ波帯	42GHz帯	41-42 GHz	[1GHz]	125MHz	210Mbps	3-5km	50-100m	
	55GHz帯	54.27-55.27 GHz	[1GHz]					
	120GHz帯	116-134 GHz	[18GHz]	18GHz	12Gbps	0.5-1km	-	

## 技術的条件の検討状況

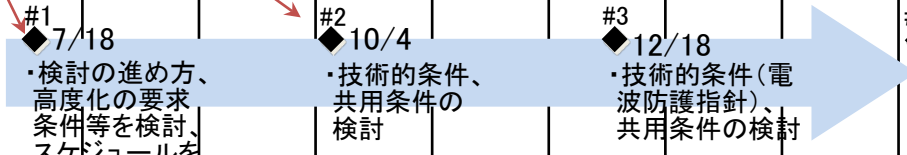
一部答申時期	制度整備時期	周波数帯	実施内容
平成19年 1月	平成20年 2月	42/55GHz帯	H Dの非圧縮映像を伝送できるよう制度化
平成25年 1月	平成25年 4月	1.2/2.3GHz帯	800MHz帯からの周波数移行先として制度化 (SISO方式のみ)
平成25年 7月	平成26年 1月	1.2/2.3GHz帯	安定的な伝送が出来るよう高度化 (MIMO方式)
平成25年 7月	平成26年 1月	120GHz帯	4 K・8 Kの非圧縮映像を伝送できるよう制度化
平成29年 3月	平成29年 7月	マイクロ波帯	4 K・8 K映像を伝送できるよう高度化 (多値化・偏波MIMO等)
令和元年予定	令和元年予定	1.2/2.3GHz帯	4 K・8 K映像を伝送できるよう高度化 (双方向MIMO方式)



# 検討の経緯

	平成30年度／平成31年／令和元年														
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
情報通信技術分科会	◆ 5/15 検討開始を報告														◆
放送システム委員会		◆ 6/22 ・意見募集等検討の進め方、検討体制(作業班の設置)、スケジュールを確認 〔6/25～7/25 意見聴取の募集〕											◆ 4/25 調査検討結果の報告		◆ 6/13 報告書のとりまとめ
FPU高度化作業班			◆ #1 7/18 ・検討の進め方、高度化の要求条件等を検討、スケジュールを確認			◆ #2 10/4 ・技術的条件、共用条件の検討			◆ #3 12/18 ・技術的条件(電波防護指針)、共用条件の検討				◆ #4 4/3 ・作業班報告書案の検討、報告書とりまとめ		

調査検討の指示      聴取要望なし

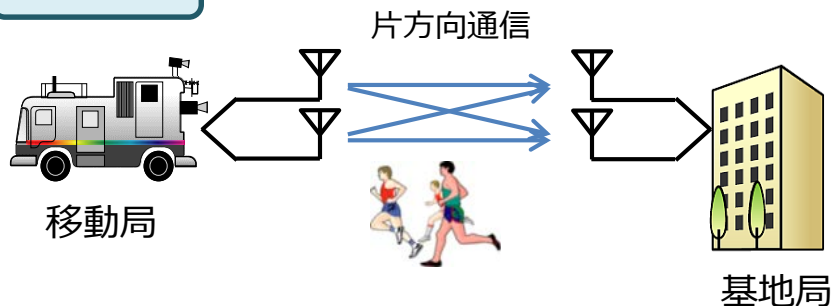


〔4/27～5/31 報告書(案) 意見募集〕

# 1. 2/2. 3GHz帯FPU高度化のための技術

◆ 占有周波数帯幅及び空中線電力を既存システムと同等※に抑えたまま、伝送容量を増やすため、FPUを双方向化し、伝搬環境の変動に応じて動的に伝送パラメータを変更する仕組みを導入。 ※ 占有周波数帯幅：17.5MHz幅／空中線電力：25W（1.2GHz帯）40 W（2.3GHz帯）

## 従来方式



○ 移動中継において、HD（2K、映像ビットレート35Mbps以上）品質を伝送可能

・ 2送信2受信 MIMO

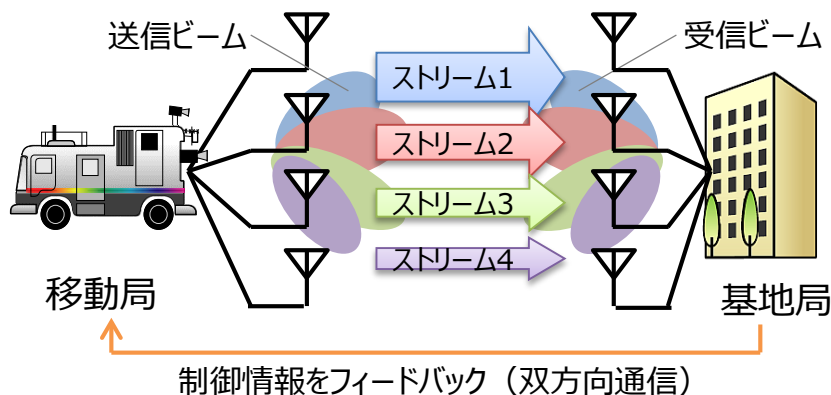
※ MIMO：Multiple-Input Multiple-Output

・ 片方向通信

・ 変調方式や符号化率は固定

※ BPSKから64QAMの範囲からあらかじめ設定

## 高度化方式



○ 移動中継において、4K（映像ビットレート72Mbps以上）・8K（同140Mbps以上）品質を伝送可能

・ 4送信4受信 MIMO

※ SVD(Singular Value Decomposition)-MIMO 4アンテナに対し伝送パラメータを適応的に割当て

・ 双方向通信

※ 時分割複信方式

※ 送信制御情報を基地局から移動局にフィードバック

・ 変調方式や符号化率を可変

※ 移動中継ではBPSKから1024QAMを適応的に割り当て

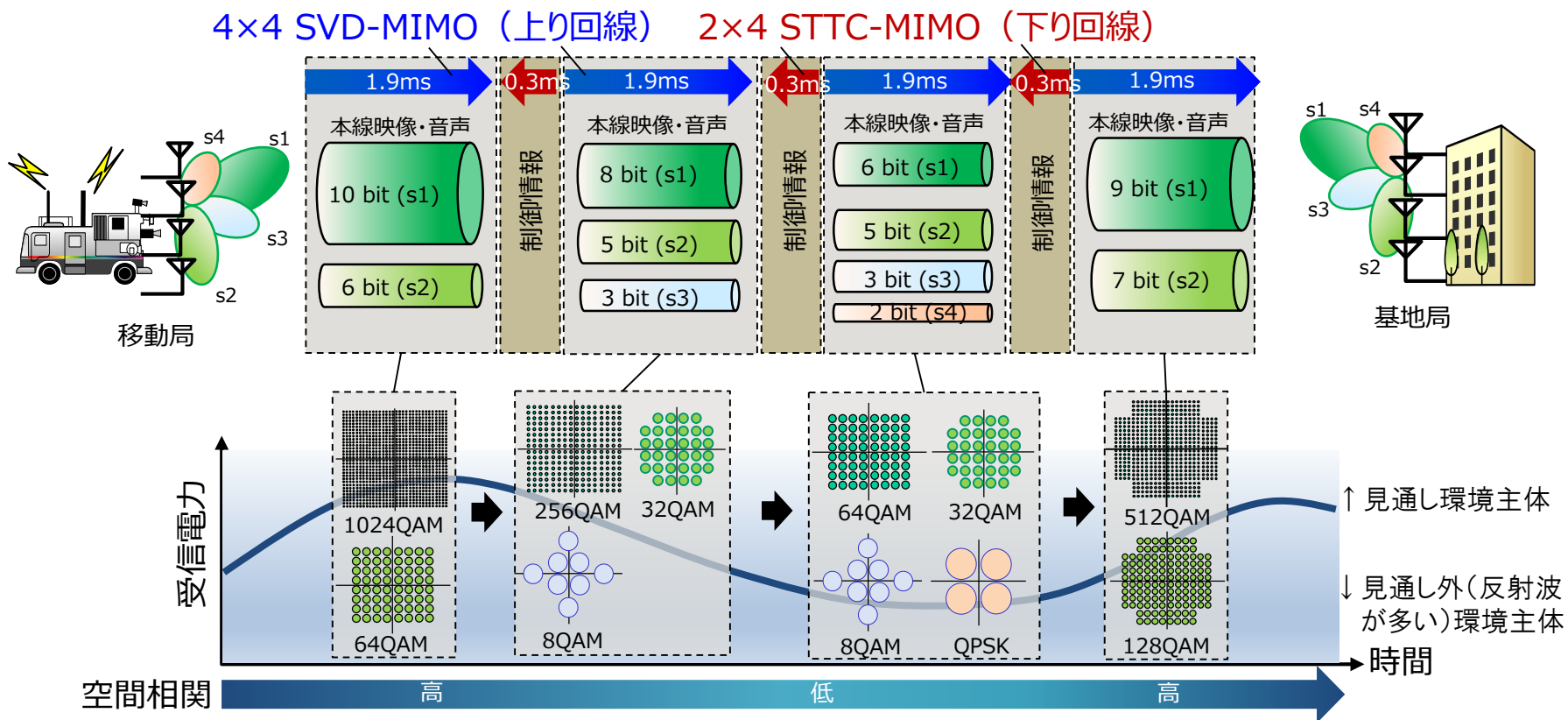
※ 符号化率を容易に変更でき、高効率な誤り訂正が可能なターボ符号を採用

# 適応送信制御SVD-MIMO（高度化技術①）

- ◆ 伝搬環境に対してフィードバックを受けるため、時分割複信（TDD）による双方向伝送を導入
- ◆ 変動する伝搬路に応じてMIMOストリーム数や変調多値数等の伝送パラメータを適応的に変更

- ・ 伝搬環境が見通しの場合は、少ないMIMOストリームにビット数を集中し、
- ・ 伝搬環境が反射波の多い場合は、多数のMIMOストリームに変調ビット数を分散、
- ・ トータルの変調ビット数は一定、

→ 瞬時瞬時の伝搬路状況に適した伝送パラメータを選択することで、無駄なく大容量伝送を実現



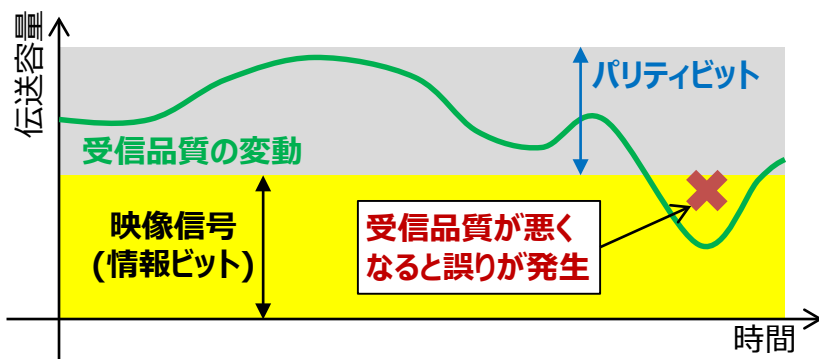
※見通しがよい場合は空間相関は高い、逆に反射波が多い場合は空間相関は低い

## ◆ 伝搬環境に応じて誤り訂正符号の符号化率を適応制御（レートマッチング）

- ・ 伝搬環境が良い場合、符号化率を高くする（伝送マージンを極力減らし伝送容量を増大）
- ・ 伝搬環境が悪い場合、符号化率を低くする（伝送容量は下がるが、誤り耐性を高め映像伝送を継続）
- ・ 誤り訂正符号は、内符号（ターボ符号）の符号化率を、 $R=0.92\sim 0.33$ で制御（試験機では、52～145Mbps）で可変）
- ・ 符号化後のビット列から、送信しないビットを間引いて（パンクチャ）符号化率を変更

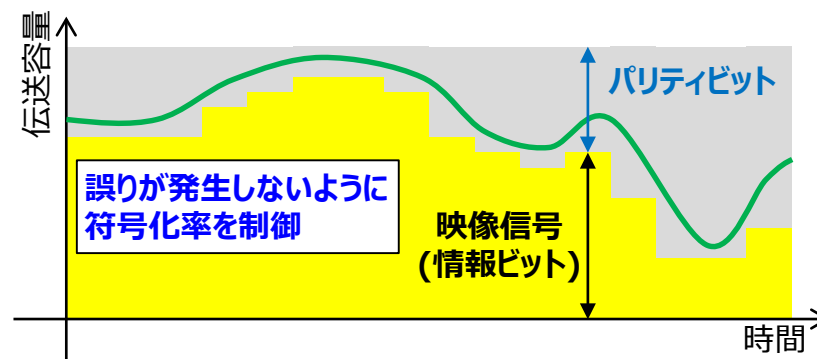
→ 状況に応じてビットレートを制御し、途切れのない映像伝送を実現

### 符号化率を固定する場合



- ➔
- ・ フィードバック機能が具備されていない従来方式では、符号化率を固定して使用する。
  - ・ 中継運用時における最悪の受信品質でも誤らない伝送マージンが必要。

### レートマッチングで符号化率を制御する場合



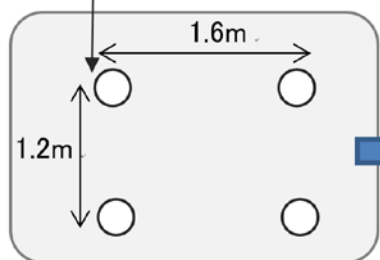
- ➔
- ・ 得られた受信品質に応じて、その時々で誤りが発生しない符号化率を設定。
  - ・ 伝送マージンを最小限に留めながら、誤りのない伝送を実現。



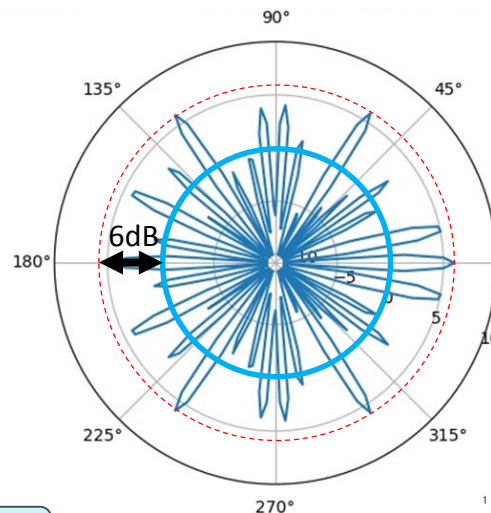
- ◆ 一般的に、複数の送信アンテナから信号を送信すると、受信電力は各送信信号を個別に受信した場合の電力の和（電力加算）となるが、アンテナからの送信信号波形が同一の場合、受信信号は受信した信号の電圧波形の和（電圧加算）となり、これら信号波形が同相となる場合（ビームフォーミング）、電力加算の場合に比べて、さらに合成電力は大きくなる。
- ◆ 高度化方式では、基地局側で同相合成されるよう移動局送信側で位相制御を行う。机上検討において、その利得の増分は最大6 dBであり、共用検討におけるFPUからの与干渉や電波防護指針の検討においては、電圧加算として影響電力が6 dB増加することを条件とした。なお、野外実験においてゲインの分布を実測し、累積確率99%において3 dB以下と確認している。

## ビームフォーミングのパターンイメージ

アンテナ（無指向）



（送信アンテナの配置例）



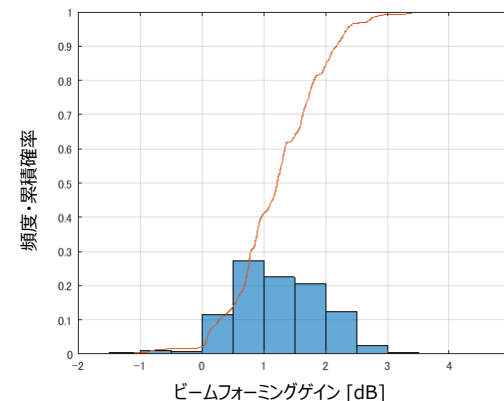
※ 青い円：電力加算による利得  
（ビームフォーミングなし）  
赤い円：電圧加算による最大利得  
（ビームフォーミングあり）

（放射パターン例）

## FPU基地局におけるビームフォーミングゲインの分布

野外実験（東京都港区、同世田谷区、埼玉県吉見町）におけるゲイン分布を実測した結果、今回の試験において、3dB以下となる累積確率が99%以上であった。

右図：基地局受信点のビームフォーミングゲインの分布の例  
吉見町周辺、2.3GHz帯、16bit伝送、垂直偏波





# 1. 2/2. 3GHz帯FPUの要求条件と運用モデル

◆ 1. 2/2. 3GHz帯のFPUは、ロードレース中継等の移動伝送用途に用いられており、4K・8K対応するにあたって同じ役割を果せるため、以下の要件や運用形態を満足することが求められる。

## 要求条件

### 1. 伝送

- 高品質な4K・8K映像の伝送が可能なこと。
- 見通し外の移動中継が可能であること。
- 送信アンテナが正確に受信アンテナ方向に向かない場合でも、的確な素材伝送が可能なこと。
- 都市部などマルチパス環境下でも的確な素材伝送が可能なこと。

### 2. 伝搬距離

- 固定中継において0.1km～50kmの伝送距離を確保できること。
- 移動中継において0.1km～10kmの伝送距離を確保できること。

### 3. その他

- 従来の1. 2/2. 3GHz帯FPUの技術基準との整合を可能な限り図ること。
- 2020年を目途として商用実現可能なものであること。

## 運用モデル

	利用用途	送信／ 受信空中線	伝搬 距離	見通し外 通信	利用番組
1	固定中継 緊急報道で取材現場 や中継車から受信基 地局へ	八木アンテナ	～ 50km	無	・情報系番組 ・緊急報道を含 む報道番組
		電磁ホーン 八木アンテナ			
2	移動中継 ロードレース中継 で中継車から受信 基地局へ	コーリニア ホイップ	10km	有	・ロードレース を含むスポー ツ中継
		八木アンテナ			
3	移動中継 市街地の比較的近 距離の区間で中継 車から受信基地局へ	コーリニア ホイップ	3km	有	・ロードレース を含むスポー ツ中継、イベ ント中継
		八木アンテナ			
4	移動中継 ロードレース中継 で中継車からヘリ コプターへ	コーリニア ホイップ	～ 2km	有	・ロードレース を含むスポー ツ中継
		電磁ホーン 平面アンテナ			
5	移動中継 FPU等の機材をカメ ラマン等の人背負 い最寄りの中継 車へ	コーリニア ホイップ	～ 1km	有	・情報系番組 ・緊急報道を含 む報道番組 ・サッカー等 を含むスポーツ 中継
		電磁ホーン 平面アンテナ 八木アンテナ コーリニア			
6	移動中継 ロードレース中継 でバイクから中継 車へ	コーリニア ホイップ	～ 1km	無	・ロードレース を含むスポー ツ中継
		電磁ホーン 平面アンテナ コーリニア			

# 伝送容量の検討

- ◆ 電波産業会の素材伝送用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、検討した。

送信モード	モデル	映像ビットレート※1	TSビットレート※2	変調ビット数と符号化率※3
フルモード	(1) 8K移動中継	140Mbps 以上	145Mbps 以上	16ビット (符号化率 : 0.92)
	(2) 8K移動中継 (標準品質)	188Mbps 以上	220Mbps 以上	24ビット (符号化率 : 0.92)
	(3) 4K移動中継	72Mbps 以上	75Mbps 以上	10ビット (符号化率 : 0.76)
	(4) 4K固定中継 (高品質)	135Mbps 以上	145Mbps 以上	16ビット (符号化率 : 0.92)
ハーフモード	(5) 4K移動中継	72Mbps 以上	75Mbps 以上	18ビット (符号化率 : 0.87)
	(6) 4K移動中継 (標準品質)	87Mbps 以上	100Mbps 以上	24ビット (符号化率 : 0.87)

※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 TS: Transport Stream

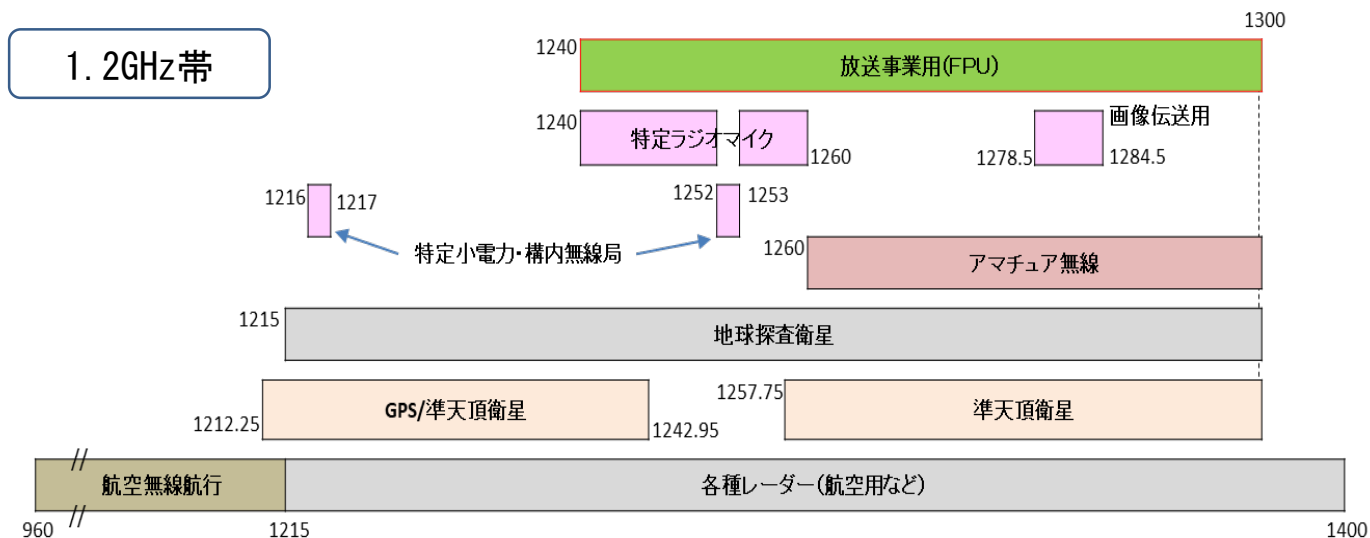
※3 MIMO運用時。変調方式、符号化率は所要C/Nが可能な限り低くなるものを選択

※4 パイロットシンボル区間やガードインターバル区間などもデータシンボルを連続して伝送するとした理論上の最大伝送容量

- ◆ 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係る主な諸元は、1.2/2.3GHz帯現行FPUの規定を越えていない。
- ◆ 今回は、キャリア変調方式の追加を踏まえた所要C/Nの見直し、時分割複信方式による信号電力の補正、ビームフォーミングによる合成電力の向上効果を追加要素として、共用条件の検討を実施。
- ◆ 同一又は隣接周波数を使用する既存の無線システム等を対象として検討した。

## 【検討対象の無線システム】

- ・1.2GHz帯の特定ラジオマイク、特定小電力・構内無線局、画像伝送用携帯局、アマチュア無線局、準天頂衛星システム、航空路監視レーダーを対象。なお、2.3GHz帯(2.33GHz-2.37GHz)には干渉検討の対象となる無線システムはなかった。
- ・干渉検討は、一次業務の局に対してはFPUとの被干渉・与干渉を、二次業務の局に対しては被干渉のみ、検討。また、実験条件については、既存FPUの検討条件(放送システム委員会報告(平成25年1月25日)等)を踏襲して実施。

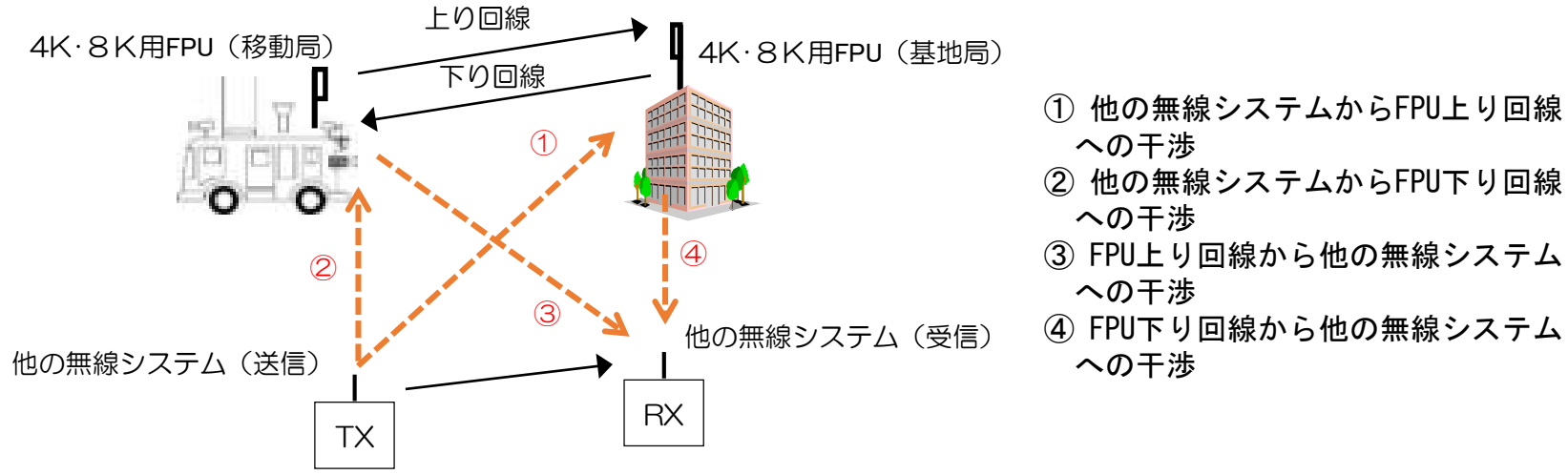


(FPU及び検討対象の無線システムに係る周波数の割当て状況)

# 他の無線システムとの共用検討（その2）

- ◆ 4K・8K用FPUは、最大で4アンテナから4つの伝送路を構成するとともに、基地局から移動局に送り返す仕組みが加わる。そのため、4つの干渉組み合わせを想定した。
- ◆ SVD-MIMO方式ではマルチパス伝搬路に対して最適なビット数の配分を求めて送信する。ビット配分のモデルについては、伝送路モデル（郊外部及び都市部）ごとにフェージングシミュレータを用いて実機で実測し、4つのビット数組み合わせを4K・8K用FPUからの送信の代表パターンとして設定した。

## 【干渉検討の組み合わせ】



## 【各伝送路モデルにおける代表的なビット数の配分パターン】

- ・ 郊外 A / 低相関 (7, 5, 4, 0) 128QAM、32QAM、16QAMの組み合わせ
- ・ 郊外 A / 典型相関 (9, 4, 3, 0) 512QAM、16QAM、8QAMの組み合わせ
- ・ 都市部 A / 低相関 (7, 5, 4, 0) 128QAM、32QAM、16QAMの組み合わせ
- ・ 都市部 A / 典型相関 (9, 4, 3, 0) 512QAM、16QAM、8QAMの組み合わせ

※伝送路モデル（一部抜粋）：郊外A パス数：11、平均遅延：0.121μs、最大遅延：1.009μs  
 都市部Aパス数：13、平均遅延：0.106μs、最大遅延：4.151μs  
 なお、伝送路モデルは、総務省委託研究成果から引用した。

※ 相関について、見通しがよい場合は空間相関は高い、逆に反射波が多い場合は空間相関は低い

# 他の無線システムとの共用検討（その3）

- ◆ 離隔距離の算出
- ・ 室内実験を実施して4 K・8 K用FPUの被干渉に係る所要D/Uを求めた。また、4 K・8 K用FPUの与干渉に係る対象システム側の所要D/Uは、放送システム委員会報告等過去答申から引用している。
  - ・ 自由空間モデル及び平面大地モデルの計算式から、離隔距離を算出し、結果をまとめた。

## 【室内試験】

- ・ 検討対象無線システムからの与干渉に関して、4 K・8 K用FPUの所要D/Uを測定した。
- ・ 4 K・8 K用FPU側の標準的案受信電力については、ロードレースの標準的な運用モデルである運用モデル3（移動中継 3km）において、送信アンテナを4段コーリニア、受信アンテナを12素子八木とした場合の受信電力、-57dBmとした。
- ・ 所要D/Uは、検討対象無線システム側の送信レベルを可変として、4 K・8 K用のFPU側のビット誤り率（BER）が $2 \times 10^{-4}$ となる数値とした。

## 【離隔距離の計算に用いた4 K・8 K用FPUの送信諸元】

運用モデル		モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5	モデル6
上り回線	送信周波数[GHz]	1.270	1.270	1.270	1.270	1.270	1.270
	送信出力[W]	25.0	25.0	25.0	25.0	0.5	0.5
	送信出力[dBm]	44.0	44.0	44.0	44.0	27.0	27.0
	送信アンテナ	8素子八木	4段コーリニア	2段コーリニア	2段コーリニア・垂直	2段コーリニア	2段コーリニア
	送信アンテナ利得[dBi]	12.0	7.2	5.2	0.0	5.2	5.2
	送信アンテナ高[m]	3.5	3.5	3.5	3.5	2.0	2.5
	送信給電線損失[dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
下り回線	送信周波数[GHz]	1.2490	1.2490	1.2490	1.2490	1.2490	1.2490
	送信出力[W]	25.0	25.0	25.0	25.0	0.5	0.5
	送信出力[dBm]	44.0	44.0	44.0	44.0	27.0	27.0
	送信アンテナ	26素子八木	12素子八木	8素子八木	平面	12素子八木	8素子八木
	送信アンテナ利得[dBi]	18.1	14.0	12.0	7.2	14.0	12.0
	送信アンテナ高[m]	40.0	10.0	10.0	300.0	3.5	3.5
	送信給電線損失[dB]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

※ 1.2GHz帯のみ引用。モデル5（背負子）及びモデル6（バイク）の送信電力については、現行製品化されている小型機の出力（0.5W）により求めた。

# 他の無線システムとの共用検討の結果（その1）

4K・8K用FPU（運用モデル3）の離隔距離[km]	1.2/2.3GHz帯現行FPUの離隔距離[km]
<p>特定ラジオマイク</p> <p>A : デジタル36波 B : デジタル38波 C : OFDM(16QAM)</p>	<p>特定ラジオマイク</p> <p>( )内はデジタルの場合</p>
<p>特定小電力・構内無線局</p> <p>( )内は構内無線局</p>	<p>特定小電力・構内無線局</p> <p>( )内は構内無線局</p>
<p>画像伝送用携帯局</p>	<p>画像伝送用携帯局</p>
<p>アマチュア無線レピータ</p> <p>A : アナログ 10W B : デジタル 1W/10W</p>	<p>アマチュア無線レピータ</p>
<p>航空路監視用レーダー (ARSR)</p> <p>( )内は運用モデル1の場合</p>	<p>航空路監視用レーダー (ARSR)</p>
<p>準天頂衛星システム</p> <p>郊外部(都市部)</p>	<p>準天頂衛星システム</p> <p>郊外部(都市部)</p>

- 移動中継で最も一般的なモデルである運用モデル3(伝送距離が3kmの移動中継)での検討結果を記載
- 現行FPUの離隔距離(準天頂以外) : 情報通信審議会情報通信技術分科会(第93回)放送システム委員会報告書(平成25年1月25日)から引用
- 現行FPUの離隔距離(準天頂) : 情報通信審議会情報通信技術分科会(第119回)衛星通信システム委員会報告(平成28年6月30日)から引用



# 他の無線システムとの共用検討の結果（その2）

干渉対象局	移動局との離隔距離		基地局との離隔距離		干渉対策(運用調整により共用可能とする方法)
	FPU与干渉	FPU被干渉	FPU与干渉	FPU被干渉	
特定ラジオマイク	1.58km	0.29km	1.18km	1.15km	現行の1.2GHz/2.3GHz帯FPUと同様に、TVホワイトスペース等利用システム運用調整協議会、(一社)特定ラジオマイク運用調整機構による運用調整
特定小電力局	1.56km	0.001km	0.92km	0.021km	<p>①FPUの使用について十分な周知を行う、あるいは、必要に応じて潜在電界調査を行い、FPUの使用に問題無いことを確認する等の事前調整を行う。周知方法については、次の方法が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・市報等により該当市町村への周知</li> <li>・販売機器メーカーを通じて使用者に周知</li> <li>・事前にホームページ等で周知</li> <li>・マラソンコース上の潜在電界調査によって確認された特定小電力局を有する工事等に対して文書配布等により周知</li> </ul> <p>②事前調整が不十分な場合には、次の様な干渉軽減措置(調整不要)を行い影響を低減させることが可能。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特定小電力無線局の電力密度に合わせて、FPUの送信電力を低減して運用</li> <li>・FPUの送信周波数を調整、周波数帯域の変更して運用</li> </ul>
構内無線局	1.56km	0.004km	0.92km	0.07km	<p>①総務省ホームページ掲載の免許情報により、新たに免許人が現れた場合には、放送事業者と事前調整のルールを作成し共用</p> <p>②事前調整が不十分な場合には、特定小電力局の欄に記載の対策により共用が可能</p>
画像伝送用携帯局	0.2km	0.46km	0.22km	3.76km	<p>与干渉についてはロードレースコース近辺の管理を徹底することにより、干渉を未然に防ぐことが可能</p> <p>被干渉が発生した場合には、他の画像に差し替えるなど対策を施した上で、速やかな対応を求める。</p> <p>予め放送事業者から使用者に対してFPUの運用予定を通知し、調整。周知方法は例えば以下の方法が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・無人ヘリテレ推進協議会の会員に対して周知</li> <li>・TVホワイトスペース等利用システム運用調整協議会のHP等でFPUの運用状況を周知</li> </ul>
アマチュア無線局 レピータ局		0.08km		0.6km	(一社)日本アマチュア無線連盟を通じ、レピータ局の運用担当者と調整し、干渉を避けるように対応を求める。
移動局		0.14km		0.9km	FPU基地局の空中線の指向性の管理を徹底することにより、干渉を防ぐことが可能。
月面反射地球局		0.72km		12.13km	無線局の運用状況をホームページ等で周知する。 レピータ局は10Wから1Wへの移行が完了しており、より周波数共用が可能となる。
航空路監視用レーダー(ARSR)	3.3km	8.15km	3.0km	8.15km	ARSRの運用されている地点より6.6km以内、及びARSRの設置場所よりも高い位置でのFPUの運用を行わない。
準天頂衛星受信機	1.9km	—	0.04km	—	4K・8K用FPU基地局送信に対して固定運用される準天頂衛星システム地上系設備に対しては、その設置形態も考慮して、干渉が予想される場合は4K・8KFPU運用者と運用調整等について協議を行うことで共用可能であると考えられる。

※下線は現行FPU導入時に定めた干渉対策から追加したもの



# 1. 2/2. 3GHz帯 4 K・8 K用FPUの技術的条件①

◆ 現行の技術的条件の改定を要する項目は下表のとおりであり、占有周波数帯幅や送信電力、スペクトル特性等の電波の質を変えずに伝送ビットレートを上げるための検討を実施。

	検討項目	現行FPU	4K・8K用FPU
1	無線周波数帯	1. 2GHz帯及び2. 3GHz帯	変更なし
2	通信方式	単向通信方式	<b>複信方式（時分割複信）を追加</b> ※ サブフレーム長の組み合わせ例（移動局から基地局へ伝送する回線を上り、基地局から移動局へ伝送する回線を下り） <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1. 9ms（上り） / 0. 3ms（下り）</li> <li>・ 2. 1ms（上り） / 0. 3ms（下り）</li> <li>・ 3. 8ms（上り） / 0. 4ms（下り）</li> </ul>
3	電波の型式	X7W	変更なし
4	最大伝送容量	105 Mbps（フルモード） 51 Mbps（ハーフモード）	412 Mbps（フルモード） 203 Mbps（ハーフモード）
5	空間多重方式	SISO/STTC-MIMO	<b>SVD-MIMOの追加</b> （上り回線に導入。下り回線は現行方式）
6	キャリア変調方式	64QAM、32QAM、16QAM、8PSK、QPSK、BPSK	4096QAM、2048QAM、1024QAM、512QAM、256QAM、128QAM、8QAM を追加
7	周波数の許容偏差	$7 \times 10^{-6}$ 以下	変更なし
8	占有周波数帯幅	17. 5 MHz以下（フルモード）、 8. 5 MHz以下（ハーフモード）	変更なし

	検討項目	現行FPU	4K・8K用FPU
9	誤り訂正	<ul style="list-style-type: none"> <li>内符号 畳み込み符号 (R=1/2、2/3、3/4、5/6) 時空間トレリス符号 (R=1/2)</li> <li>外符号 リードソロモン符号 (204, 188) または (204, 166)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>内符号 ターボ符号を追加 (符号化率はレートマッチングにより適応的に選択)</li> <li>外符号 変更なし。</li> </ul>
10	C/N及びC/N配分	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 K 固定/移動中継 (映像ビットレート35Mbps) フルモード・STTC・16QAM 所要C/N : 11. 8dB</li> <li>2 K 移動中継 (映像ビットレート21Mbps) フルモード・STTC・8PSK 所要C/N : 9. 8dB ハーフモード・偏波MIMO・32QAM・R=1/2 所要C/N : 15. 8dB</li> </ul> <p>※ 映像符号化方式がH264 (AVC) の場合</p>	<p>(上り回線)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>8 K 移動中継 (映像ビットレート140Mbps) フルモード・16bit変調・R=0. 92 所要C/N : 21. 0dB</li> <li>4 K 固定中継 (映像ビットレート135Mbps) フルモード・16bit変調・R=0. 92 所要C/N : 21. 0dB</li> <li>4 K 移動中継 (映像ビットレート72Mbps) フルモード・10bit変調・R=0. 76 所要C/N : 12. 0dB ハーフモード・18bit変調・R=0. 87 所要C/N : 21. 5dB</li> </ul> <p>※ 映像符号化方式がH265 (HEVC) の場合</p> <p>(下り回線) フルモード/ハーフモード・STTC・16QAM 所要C/N : 9. 8dB</p>

# 1. 2/2. 3GHz帯 4 K ・ 8 K 用FPUの技術的条件③

	検討項目	現行FPU	4K・8K用FPU
11	瞬断率規格、不稼働率規格	年間回線瞬断率 0.5%	変更なし
12	空中線電力	1. 2GHz帯 25W (フルモード) 12.5W (ハーフモード) 2. 3GHz帯 40W (フルモード) 20W (ハーフモード) ※各送信機の高周波増幅部出力の総和	変更なし
13	空中線電力の許容値	上限：50 %以内 下限：50 %以内	変更なし
14	送信スペクトルマスク	送信スペクトルマスクのブレークポイント等を規定	変更なし
15	スプリアス及び不要発射		変更なし
16	偏波	水平、垂直、円偏波	変更なし
17	電波防護指針	電磁界強度指針では、送信機の設置形態から安全確保可能。局所吸収指針に適合。	電磁界強度指針では中継車による移動中継において最大3.3mの離隔が必要であるが、送信機の設置や運用形態から安全確保可能。アンテナが局所に近接する可能性があるワイヤレスカメラ・背負子（運用モデル5）やバイク（運用モデル6）については、局所吸収指針に適合。
18	測定法	周波数、占有周波数帯幅、空中線電力の許容偏差、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、スペクトルマスク	変更なし

# (参考) 総合試験について

適応制御MIMO方式等の検討結果の評価のため、屋外での電波伝搬試験を実施した。試験は映像の受信状況（画質、フリーズ頻度、フリーズ箇所等）を確認しながら実施している。

また、伝搬距離、遮蔽物・反射物等による伝搬環境等による伝搬特性の違いが比較できるように複数のコースを選定し、各コースに対して、一つまたは二つの基地局（固定局）を設置し、移動局（中継車）との電波伝搬試験を行い、高度化方式の検証を行っている。

## 総合試験の伝搬路の特徴等のイメージ

