

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マイクロ波帯を使用する
放送事業用無線局(FPU)の技術的条件」

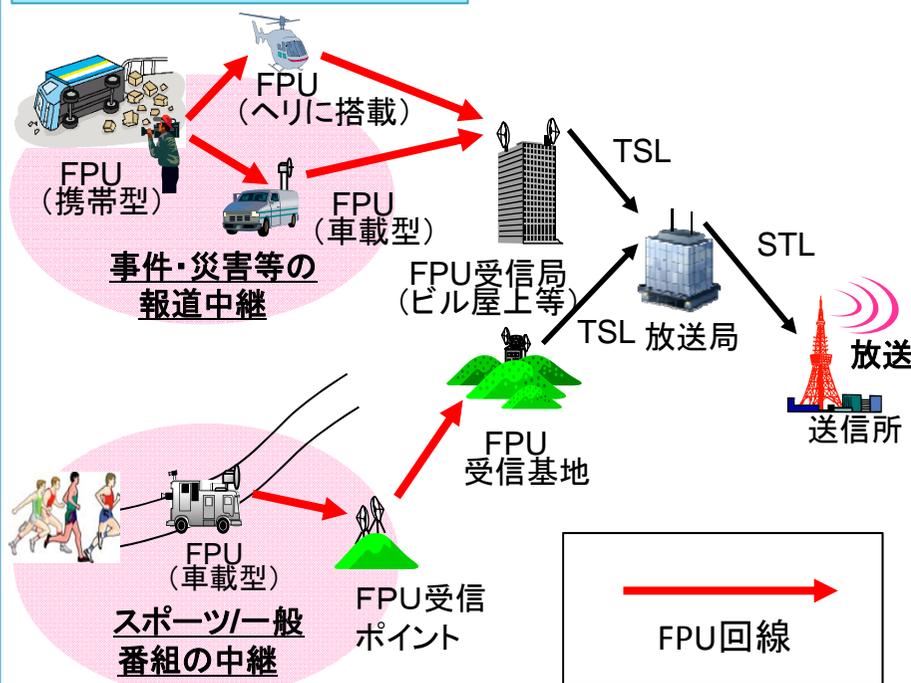
平成29年3月31日
放送システム委員会

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

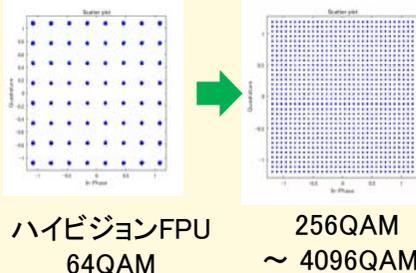
FPU※の利用イメージ



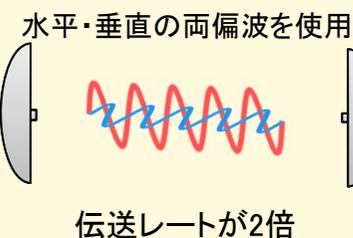
※FPU: Field Pick-up Unit
STL: Studio to Transmitter Link
TSL: Transmitter to Studio Link

FPUの高度化のための技術

①変調の多値化



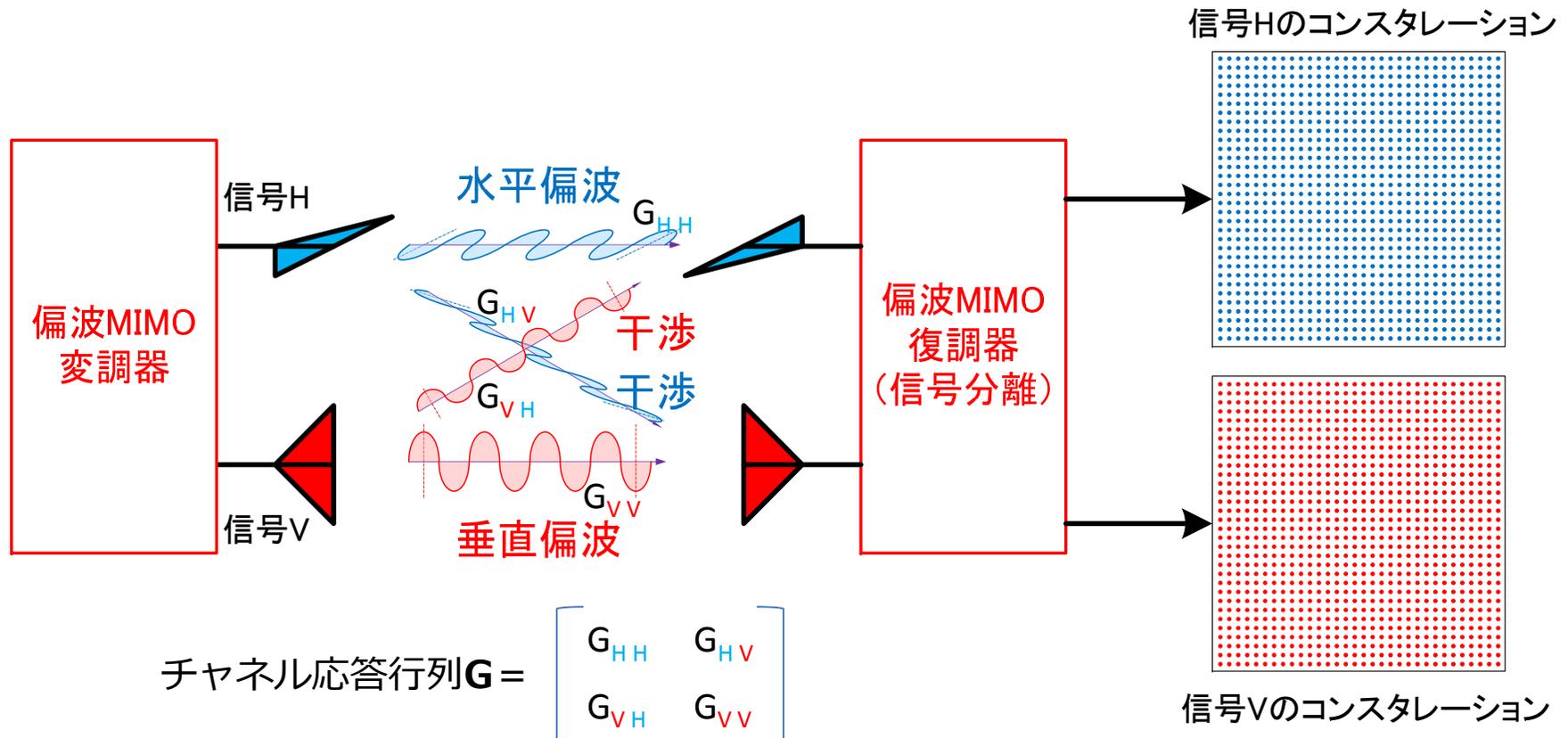
②偏波MIMO



③誤り訂正機能の強化

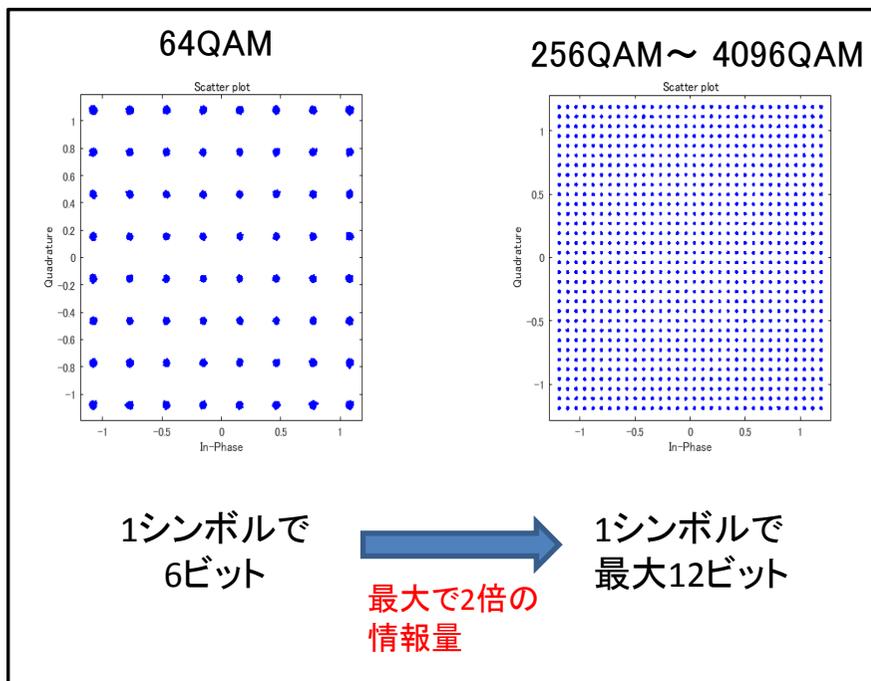


- 偏波MIMOは、MIMO技術のうち、同一チャンネルに水平偏波の電波と垂直偏波の電波を用い、互いに異なる情報を同時に伝送するもので、伝送できる情報量を大幅に増大することが可能。(理論上は2倍)
- それぞれの偏波の受信信号は、互いに他方の偏波の信号が混ざった状態になっているが、伝搬路の特性(チャンネル応答行列)を受信側で正確に推定することで、それらを精度良く分離して、情報を正しく復調することが可能。

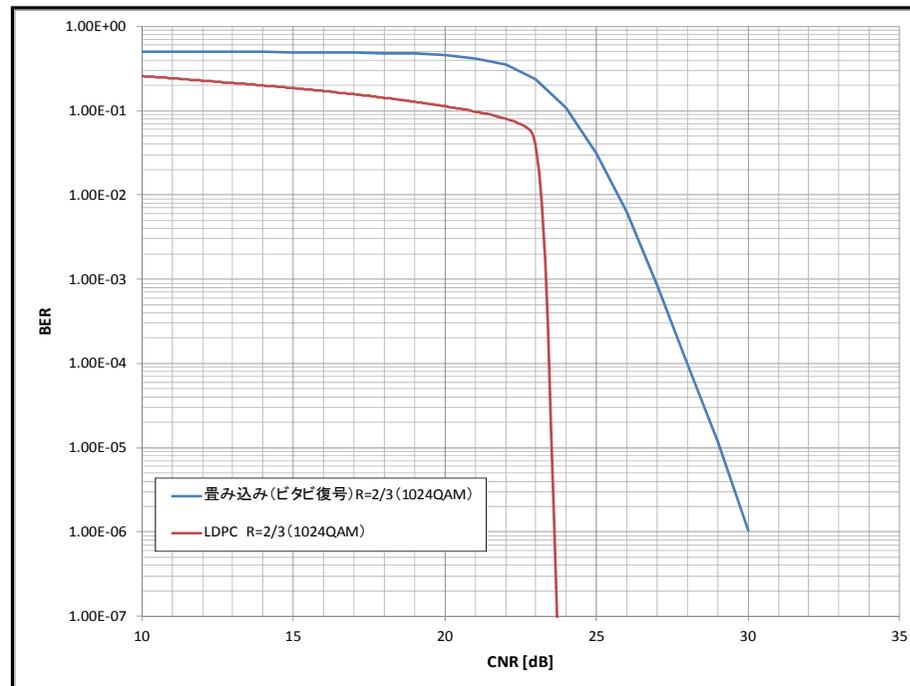


- 現行のOFDM方式のFPUでは、キャリア変調に64QAMを採用しており、1キャリアシンボルで6ビットを伝送しているが、キャリア変調に最大で4096QAMを採用することにより、1キャリアシンボルで12ビットを伝送することが可能。
- キャリア変調の多値化により、所要C/Nが劣化するため、誤り訂正機能の高度化が必要。
- 誤り訂正符号には、内符号として、理論限界に迫る高い訂正能力を持つLDPC符号(Low Density Parity Check Code)を、外符号として、リードソロモン符号と比べて簡易で符号化効率の高いBCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) 符号を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

【変調の多値化】

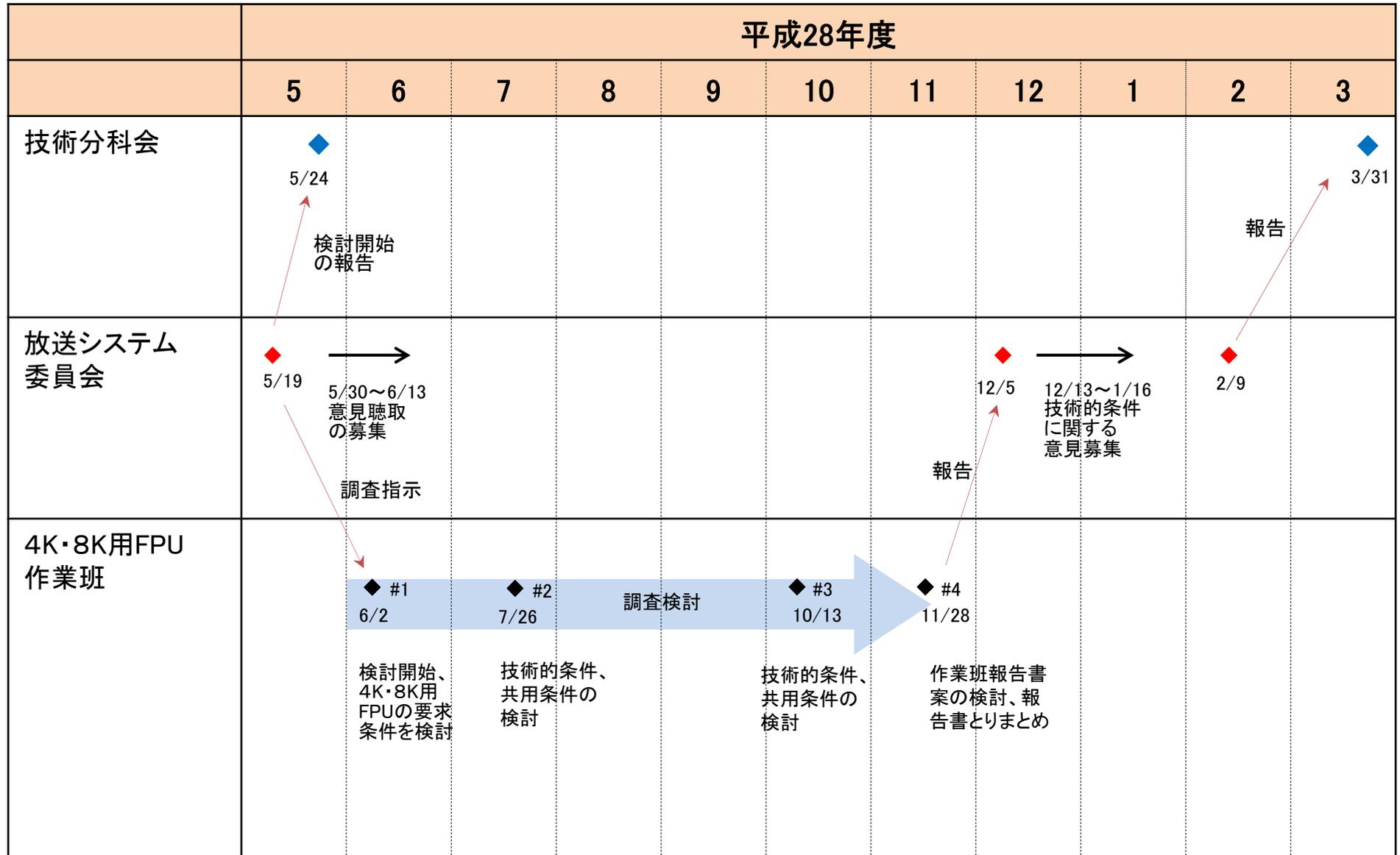


【誤り訂正符号の高度化による伝送特性の向上】



※ 1024QAM-OFDM方式の例

検討の経緯



【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・中距離伝送する用途	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、中継車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

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	映像ビットレート ※1	TSビットレート ※2	映像ビットレートを満たす 変調方式※3	最終的な 伝送容量※4
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)	202Mbit/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 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

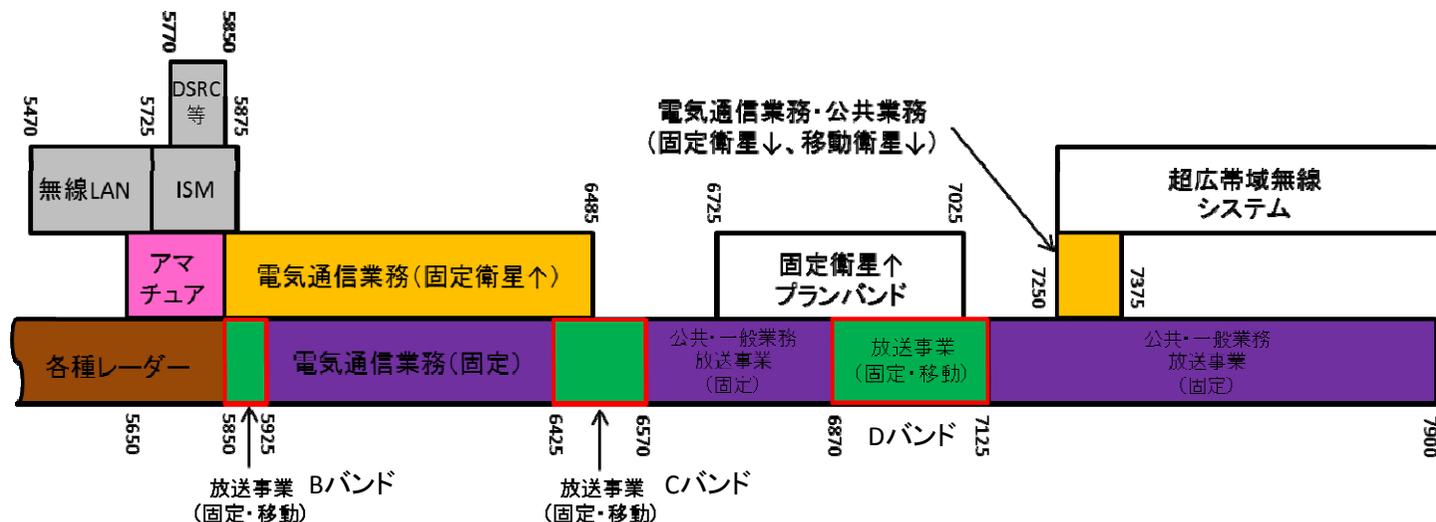
※4 パイロット信号、制御信号(TMCC、AC)を付加した理論上の最大伝送容量

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。

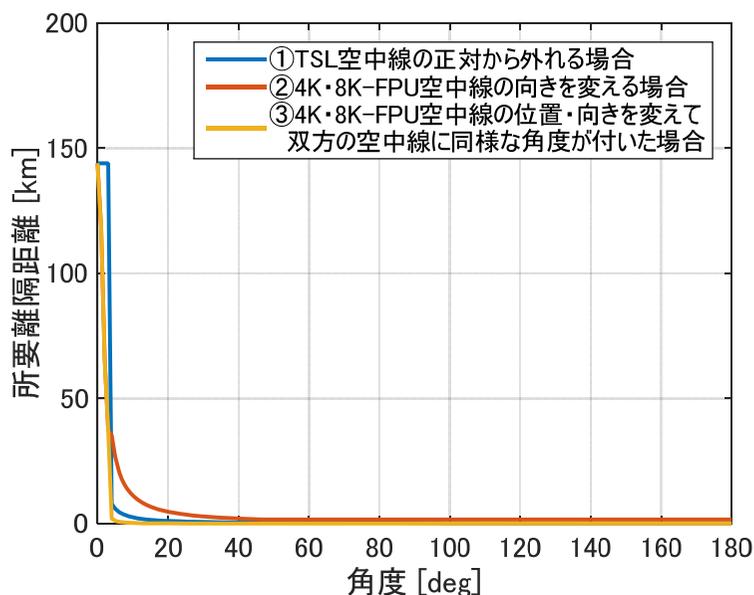
【検討対象の無線システム】

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



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 (STL/TTL/TSL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

現行FPUと4K・8K等FPUの検討項目の関係①

	検討項目	現行FPU (OFDM方式)	4K・8K用FPU
1	無線周波数帯	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) 及び12.95～13.25 GHz (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	105 Mbit/s (フルモード) 51 Mbit/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	17.5 MHz以下 (フルモード)、 8.5 MHz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 (%/年)以下 (B～D帯) 0.5 (%/年)以下※1 (E～G帯)	変更なし

現行FPUと4K・8K等FPUの検討項目の関係②

	検討項目	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 10.6~10.68 GHz以外: 0.2 W(5 W) ^{※2} 10.6~10.68 GHz: 0.2 W(0.5 W) ^{※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。