

一般社団法人電波産業会  
デジタル放送システム開発部会

## 超高精細度テレビジョン放送システムに関する中間報告（映像符号化方式）

1. 映像入力フォーマットおよび映像符号化方式の基本的な考え方 .....	2
1.1 スタジオ規格との整合性 .....	2
1.2 高度広帯域衛星デジタル放送の映像符号化方式 .....	3
1.3 映像符号化方式の国際規格 .....	4
2. 映像符号化方式 .....	5
2.1 空間解像度 .....	5
2.2 フレーム周波数 .....	5
2.3 表色系 .....	6
2.4 符号化信号形式 .....	6
2.5 符号化画素ビット数 .....	6
2.6 プロファイル .....	6
2.7 レベル .....	6
2.8 所要ビットレート .....	7
付録 1 表色系の比較 .....	8
付録 2 符号化画素ビット数の比較実験 .....	10
1 目的 .....	10
2 実験方法 .....	10
2.1 テスト素材 .....	10
2.2 符号化条件 .....	10
2.3 符号化性能評価 .....	10
3 結果 .....	10
付録 3 60/P 映像フォーマットと所要ビットレート確認実験 .....	12
1 目的 .....	12
2 実験計画 .....	12
2.1 テスト画像 .....	12
2.2 符号化・復号化 .....	13
2.3 主観評価 .....	14
2.4 所要ビットレート推定の基準 .....	14
3 符号化結果 .....	15
4 評価結果 .....	16
4.1 評価者のスクリーニング .....	16
4.2 ビットレート対画質 .....	16
4.2.1 1080/60/P .....	16
4.2.2 2160/60/P .....	18
4.2.3 4320/60/P .....	20
4.3 所要ビットレート .....	24

## 1.映像入力フォーマットおよび映像符号化方式の基本的な考え方

映像符号化方式の検討にあたっては、超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式の要求条件（表 1-1 参照）を踏まえ、特に、超高精細度テレビジョン(UHDTV)サービスを可能とすることを基本とし、関連する映像フォーマットおよび符号化方式の技術動向や規格化の状況を考慮した。

表 1-1 映像符号化方式に関する要求条件（抜粋）

基本的な考え方	超高精細度テレビジョン放送による高画質サービス、多機能及び多様で柔軟なサービスを実現できること。
	将来の技術動向を考慮し、実現可能な技術を採用するとともに、その後に想定されるサービスや機能の追加等にも配慮した拡張性を有する方式とすること。
	現行の放送サービスや他のデジタル放送メディアとの相互運用性をできる限り確保するとともに、通信との連携による新たなサービスにも対応できること。
	高度広帯域伝送方式または高度狭帯域伝送方式の技術的条件を踏まえることとし、技術的に同一のものとすることが適当な場合については、その内容を準用すること。
サービス	高精細度テレビジョン(HDTV)サービスを可能とすること。
	HDTV を超える高画質サービスである超高精細度テレビジョン(UHDTV)サービス※を基本とすること。
画質	UHDTV サービス※が望まれることを考慮し、できる限り高い画質を保つこと。
	情報源符号化による画質劣化の時間率ができるだけ小さいこと。
	サービスに応じて画像のビットレートを変更できること。
映像入力フォーマット及び符号化方式	UHDTV サービス※を考慮した映像入力フォーマット及び高効率かつ高画質な符号化方式であること。
	国際標準と整合した方式を用いること。
	将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。
	サービス要件、現行設備や受信機への負担等を考慮して選定される種々の映像入力フォーマットに適用できること。

※ 広帯域伝送（34.5MHz 帯域幅）は 8K まで、狭帯域伝送（27MHz 帯域幅）は 4K まで

### 1.1 スタジオ規格との整合性

UHDTV および HDTV のスタジオ規格の ITU-R 勧告 BT.2020 および同 BT.709 に基づき、ARIB 標準規格 STD-B56 および BTA-S001C が策定されている。表 1-2 に ARIB 標準規格 STD-B56 および BTA-S001C の主要パラメータを示す。超高精細度テレビジョン放送の映像入力フォーマットを規定するにあたり、これらのスタジオ規格との整合性を考慮した。

表 1-2 UHDTV と HDTV の ARIB スタジオ規格

	UHDTV		HDTV		
ARIB 標準規格	STD-B56		S-001C		
空間解像度	7680×4320, 3840×2160		1920×1080		
フレーム周波数	120, 60, 59.94 Hz		60, 59.94 Hz	30, 29.97 Hz	
フィールド周波数	—		—	60, 59.94 Hz	
表色系	広色域(Rec.2020)		従来色域(Rec.709)		
	(CIE 1931)	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
	Red	0.708	0.292	0.640	0.330
	Green	0.170	0.797	0.300	0.600
	Blue	0.131	0.046	0.150	0.060
	White	D65		D65	
	0.3127	0.3290	0.3127	0.3290	
信号形式	R'G'B'	4:4:4		4:4:4	
	Y'C'B'C'R	4:4:4, 4:2:2, 4:2:0 (非定輝度)		4:2:2	
輝度・色差信号	$Y' = 0.2627R' + 0.6780G' + 0.0593B'$ $C'_B = \frac{B' - Y'}{1.8814}$ $C'_R = \frac{R' - Y'}{1.4746}$		$Y' = 0.2126R' + 0.7152G' + 0.0722B'$ $C'_B = \frac{B' - Y'}{1.8556}$ $C'_R = \frac{R' - Y'}{1.5748}$		
画素ビット数	12, 10 bits		10, 8 bits		

## 1.2 高度広帯域衛星デジタル放送の映像符号化方式

高度広帯域衛星デジタル放送の映像符号化方式は、HDTV を超える高画質サービスを提供するため、1080/60/I に加えて 1080/60/P と 2160/60/P を基本映像フォーマットとし、また、広色域映像を放送するために、Rec.709 互換の xvYCC (IEC 61966-2-4) による広色域伝送方式を採用している。表 1-3 に高度広帯域衛星デジタル放送の映像符号化方式の主要パラメータを示す。超高精細度テレビジョン放送の映像入力フォーマットを規定するにあたり、この高度広帯域衛星デジタル放送の映像符号化方式を考慮した。

表 1-3 高度広帯域衛星デジタル放送の映像符号化方式

	システム	2160/60/P	1080/60/P	1080/60/I
符号化映像フォーマット	空間解像度	3840×2160	1920×1080	
	フレーム周波数 (Hz)	59.94	59.94	29.97
	フィールド周波数 (Hz)	—	—	59.94
	表色系	従来色域(Rec.709), 広色域(xvYCC)		
	符号化信号形式	Y'C' <sub>B</sub> C' <sub>R</sub> 4:2:2, 4:2:0		
	符号化画素ビット数	10, 8 bits		
映像符号化方式	準拠規格	ITU-T H.264   MPEG-4 AVC		
	プロファイル	High4:2:2 (High10, High, Main を包含)		

### 1.3 映像符号化方式の国際規格

ITU-T と ISO/IEC が共同で検討してきた最新の映像符号化方式である HEVC (High Efficiency Video Coding) が 2013 年 4 月に ITU-T 勧告 H.265 として制定された。今後、ISO/IEC 23008-2 も発行される予定である。同規格には、Main、Main 10、Main Still Picture の三つのプロファイルが規定されている。超高精細度テレビジョン放送の映像符号化方式として、この HEVC を採用することを前提とした。

## 2.映像符号化方式

前節の基本的考え方を基に、狭帯域伝送および広帯域伝送による超高精細度テレビジョン放送の映像符号化方式を表 2-1 の通り策定した。

表 2-1 超高精細度テレビジョン放送の映像符号化方式

システム		4320/P		2160/P		1080/P	1080/I
符号化映像フォーマット*1	空間解像度	7680×4320		3840×2160		1920×1080	
	フレーム周波数 (Hz)	120	60, 59.94	120	60, 59.94	60, 59.94	30, 29.97
	フィールド周波数 (Hz)	—				—	60, 59.94
	表色系	広色域(Rec.2020)				従来色域(Rec.709), 広色域(xvYCC <sub>709</sub> )	
	符号化信号形式	Y'C'B'C'R 4:2:0					
	符号化画素ビット数	10				10, 8	
映像符号化方式	準拠規格	ITU-T H.265   MPEG-H HEVC					
	プロファイル	Main 10				Main 10, Main *2	
	レベル	6.2	6.1	5.2	5.1	4.1	4

\*1 HDTV および UHDTV の ARIB スタジオ規格(BTA S-001C および STD-B56)に規定されている映像フォーマットを超高精細度テレビジョン放送の信号源フォーマットとする。

\*2 符号化画素ビット数 8 ビットの場合は Main プロファイル、符号化画素ビット数 10 ビットの場合は Main10 プロファイルを用いる。

### 2.1 空間解像度

現在のデジタル HDTV を中心とする衛星デジタル放送及び地上デジタル放送において用いられている空間解像度 1920×1080 を超える 7680×4320 および 3840×2160 の両映像フォーマットを超高精細度テレビジョン放送に採用した。さらに、超高精細度テレビジョン放送においても高精細度テレビジョン(HDTV)サービスを可能とするため、1920×1080 を採用した。

### 2.2 フレーム周波数

従来のフレーム周波数の 2 倍の 120 Hz が UHDTV スタジオ規格に規定されており、これによって動きぼやけの少ない鮮明な映像を提供可能となることから、UHDTV 放送(4320/P および 2160/P)に採用した。2016 年の時点においては、120 Hz に対応したエンコーダ、デコーダが実現される可能性は低いが、将来、120 Hz の UHDTV 放送が実現した時に、60 Hz 対応受信機が 120 Hz 放送を受信して 60 Hz の映像を復号できるように、時間方向階層符号化の運用を民間標準化機関において規定する。

UHDTV および HDTV の国内スタジオ規格との整合性及び異種フレーム周波数の混在は実用上問題となる可能性が高いことから、60 Hz 系のフレーム周波数のみを採用した。フレーム周波数 120.00Hz の採用に伴い、従来の 59.94Hz 加えて 60.00Hz を採用した。60 Hz 系のシステムの中で

フレーム周波数 24 Hz の番組を毎秒 24 フレームのままで符号化・復号するための運用を民間標準化機関において規定する。

### 2.3 表色系

原則としてスタジオ規格に準拠した表色系を採用した。すなわち、スタジオ規格に準拠しない表色系で制作された番組は、スタジオ規格の表色系に変換して放送する必要がある。例えば、従来色域で制作された UHDTV 番組を放送する場合や、HDTV 素材を UHDTV にアップコンバートして使用する場合は、従来色域から UHDTV スタジオ規格の広色域表色系に変換する。UHDTV 等の広色域映像を HDTV 解像度で放送する場合のために、HDTV の三原色を用いながら広色域映像を伝送可能な xvYCC (IEC 61966-2-4)を採用した。これによって、従来色域の HDTV 放送との互換性を備えた広色域 HDTV 放送を可能とした。本方式は、高度広帯域衛星デジタル放送方式に採用されている。なお、Rec.2020 の広色域映像を xvYCC で伝送する場合、一部の色は伝送できないことに留意する必要がある。(付録 1)

### 2.4 符号化信号形式

現行の HDTV デジタル放送では 4:2:0 が採用されていること、また、Main 10 プロファイルおよび Main プロファイルは Y'C'B'C'R 4:2:0 のみをサポートしていることから、Y'C'B'C'R 4:2:0 を採用した。なお、表 1-2 の通り、表色系に応じて輝度・色差信号方程式が異なる。

### 2.5 符号化画素ビット数

HEVC の Main プロファイルは 8 ビット、Main 10 プロファイルは 10 ビットまでをサポートしている。

HDTV スタジオ規格の画素ビット数は 8 または 10 ビットであるのに対し、現行 HDTV デジタル放送では 8 ビット、高度広帯域衛星デジタル放送では 8 または 10 ビットが符号化画素ビット数としてそれぞれ採用されている。したがって、超高精細度テレビジョン放送における HDTV サービスの符号化画素ビット数は 8 または 10 ビットとする。

一方、UHDTV スタジオ規格の画素ビット数は 10 または 12 ビットであり、超高精細度テレビジョン放送における符号化画素ビット数 8 ビットの採否が課題であった。画素ビット数 10 ビットと 8 ビットの符号化性能を比較するための符号化実験を行い、レート歪み特性を比較した。その結果、10 ビットの方が良いことが確認されたため、10 ビット符号化のみを採用することとした。(付録 2)

### 2.6 プロファイル

Main プロファイルは 4:2:0, 8 ビット、Main 10 プロファイルは 4:2:0, 10 ビットをそれぞれサポートし、Main 10 プロファイルは Main プロファイルを包含している。符号化画素ビット数 10 ビットの場合は Main 10 プロファイル、符号化画素ビット数 8 ビットの場合には Main プロファイルをそれぞれ使用することとした。Main Still Picture プロファイルは静止画用であるため、データ放送の静止画用符号化方式としての採用はあり得るが、超高精細度テレビジョン放送の映像符号化方式としては採用しなかった。

### 2.7 レベル

HEVC 規格に基づき、映像フォーマットに応じてレベルが定まる。

## 2.8 所要ビットレート

採用した各映像フォーマットを HEVC で符号化する場合に、放送品質を得るために必要なビットレートを明らかにするため、符号化実験及び画質評価実験を行った。エンコーダ/デコーダには、1080/60/P、2160/60/P、4320/60/P の全ての映像フォーマットに対応している HEVC テストモデル (HM) を用いた。HM とハードウェアのエンコーダには、以下のような相違があることに留意する必要がある。(1)HM では Rate-Distortion 特性に基づく符号化パラメータの最適化が図られているが、ハードウェアでの最適化には限界がある。(2)HM のレートコントロールは必ずしも最適なものではないが、ハードウェアではメーカーのノウハウに基づき(1)の制約を補う制御が行われる。

実験の結果、所要ビットレートを以下の通り表 2-2 の通り推定した。(付録 3)

表 2-2

1080/60/P	10～15Mbit/s
2160/60/P	30～40Mbit/s
4320/60/P	80～100Mbit/s

## 付録1 表色系の比較

従来色域(Rec.709)、xvYCC、広色域(Rec.2020)の3種類の表色系がそれぞれ表現可能な色域を図A1-1に示す。

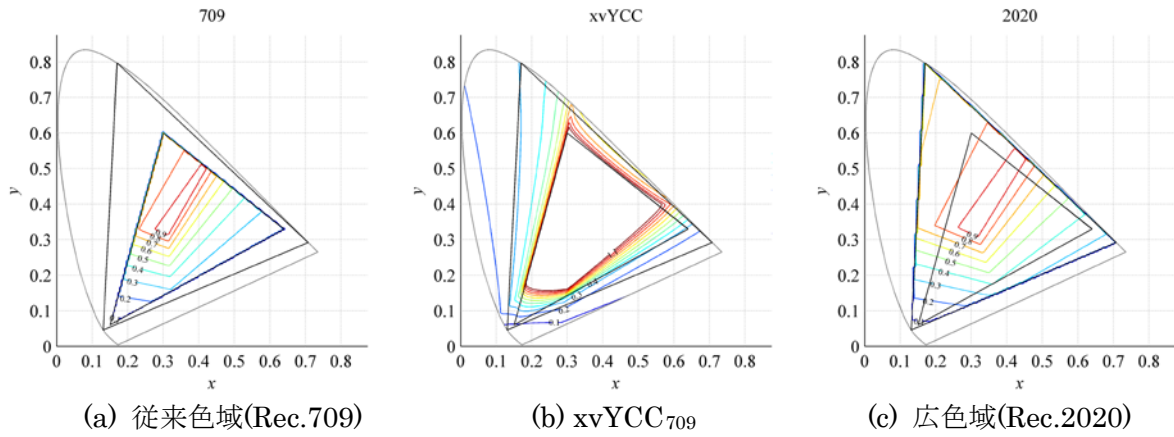
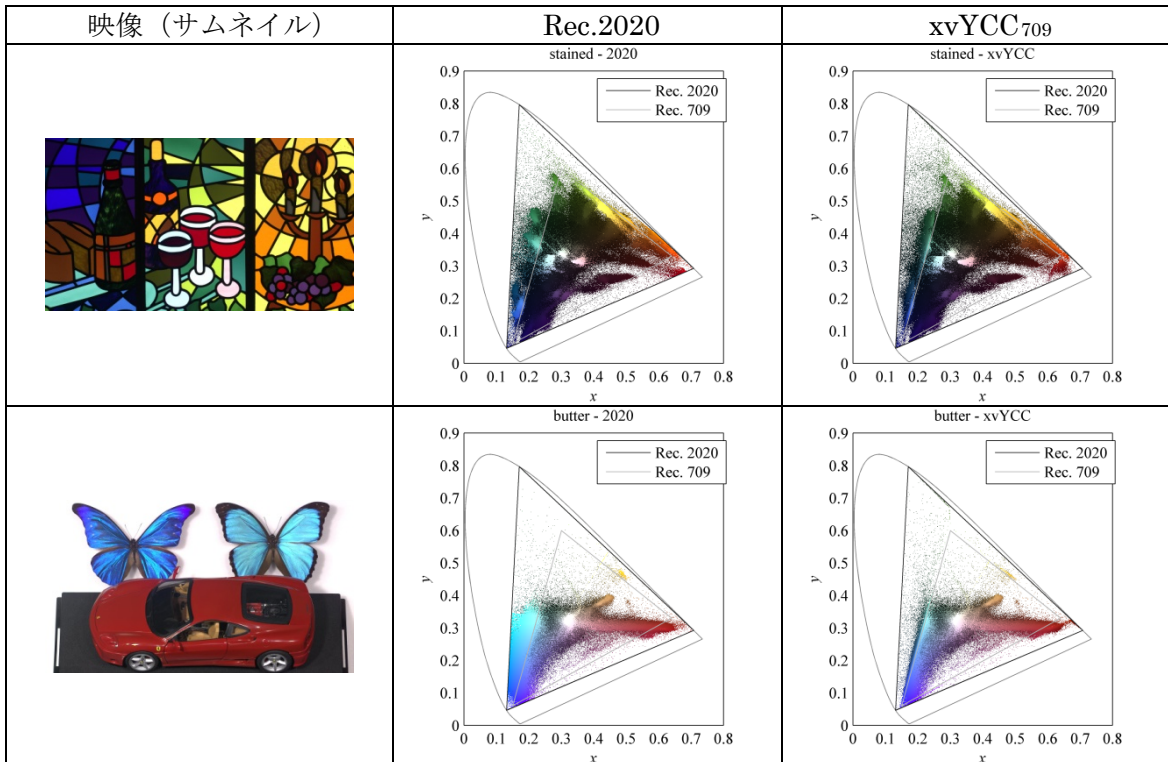


図 A1-1 表色系と色域

広色域映像(Rec.2020)とそれを xvYCC に変換した場合のそれぞれの色域を図 A1-2 に比較して示す。xvYCC に変換した場合、Rec.2020 で表現されていた一部の色が表現されなくなる。





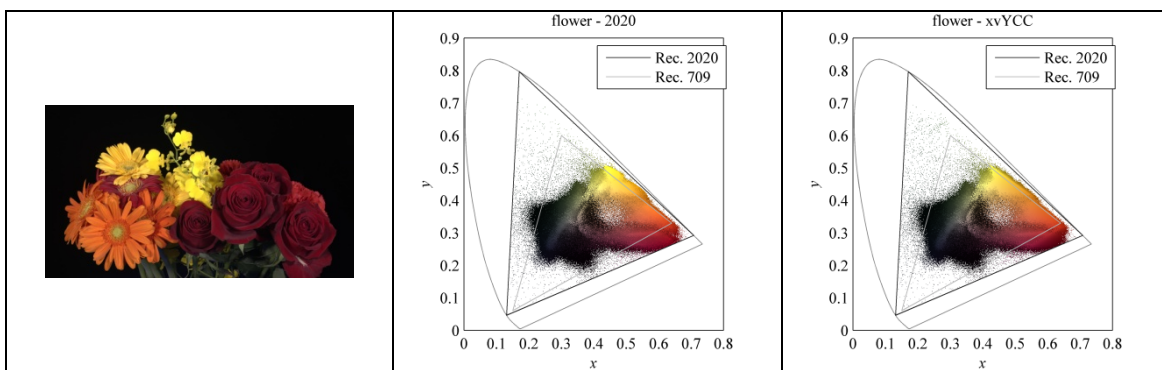


図 A1-2 表色系と色域

## 付録2 符号化画素ビット数の比較実験

### 1 目的

8ビット符号化と10ビット符号化の性能を比較する。

### 2 実験方法

#### 2.1 テスト素材

主観評価実験（付録3参照）で用いた4Kフォーマットの11シーケンス（予備シーケンスを含む）。10ビット素材、シーケンス長15秒。

#### 2.2 符号化条件

HM 11.0を用いた8ビット符号化および10ビット符号化。

ビットレートは15M、20M、30M、40Mbit/sの4通り（付録3と同じ）。

#### 2.3 符号化性能評価

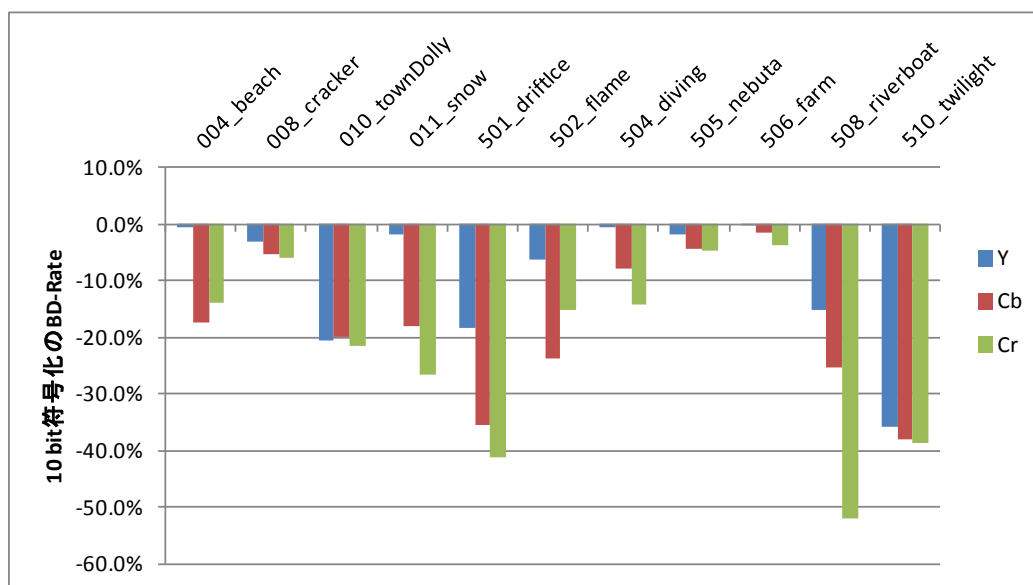
10ビット素材を10ビットのまま符号化する場合と、10ビット素材を8ビットに変換して(丸めて)8ビット符号化する場合を比較した。

8ビット符号化の場合のPSNRは、8ビットから10ビットに変換(2ビットシフト)した10ビットと原画像の10ビットとの間で求めた。

各ビットレートにおけるPSNRと平均ビットレート(実測値)から、8ビット符号化を基準とした10ビット符号化のBD-Rate<sup>1</sup>を求めた。

### 3 結果

8ビット符号化を基準とした10ビット符号化のBD-Rateを図A2-1に示す。10ビット符号化の方が8ビット符号化よりも符号化効率が良いことが示された。一例として、約20%の改善が示されたテスト画像010\_townDollyのビットレート対輝度信号PSNRを図A2-2に示す。



(負値は10ビット符号化の方が良いことを意味する)

図 A2-1 8ビット符号化に対する10ビット符号化のBD-Rate

<sup>1</sup> 4点のビットレート対PSNRから計算される平均的な符号化効率を示す指標。

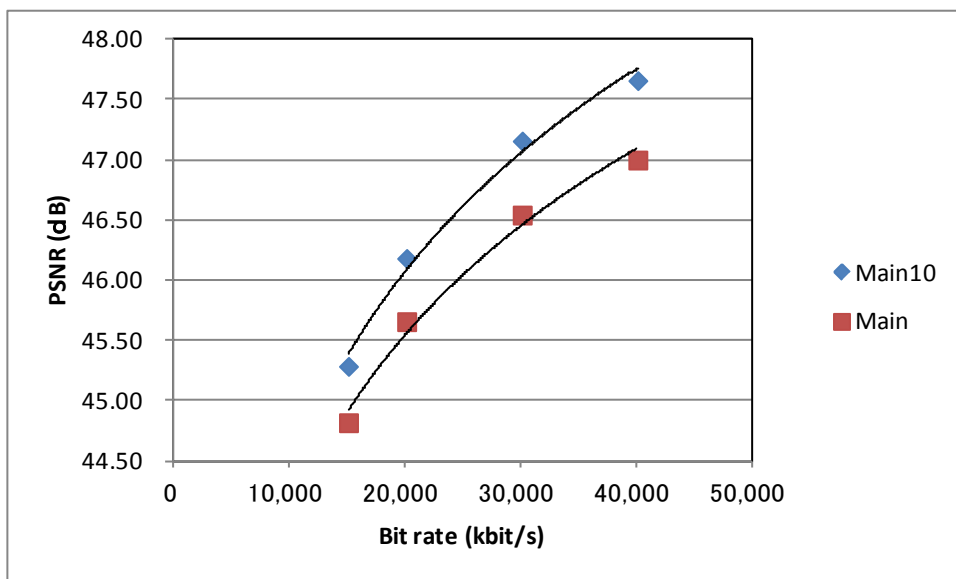


図 A2-2 ビットレート対輝度信号 PSNR (テスト画像 : 010\_townDolly)

## 付録3 60/P 映像フォーマットと所要ビットレート確認実験

### 1 目的

超高精細度テレビジョン放送の映像フォーマットのうち、1080/60/P、2160/60/P、4320/60/P の三つの映像フォーマットについて、ITU-T H.265 | MPEG-H HEVC による所要ビットレートを確認する。

### 2 実験計画

#### 2.1 テスト画像

4320/60/P 映像及びこれを 2160/60/P 並びに 1080/60/P にダウンコンバートした同一絵柄の 3 種類の解像度のマルチフォーマット映像をテスト画像として用いた。

多様な符号化難易や絵柄を含むテスト画像セットを選定するため、絵柄の重複がなく様々な絵柄が含まれること、超高精細映像のテスト画像として適切であること、符号化の難易分布が従来の 2DTV テスト画像と類似することを条件とした。38 個のテスト画像候補 (4320/60/P 映像) を 1080/60/P にダウンコンバートした映像と過去に MPEG-4 AVC の所要ビットレート評価に用いられた HDTV テスト画像の符号化難易を図 A3-1 に示す。ここで、MPEG-4 AVC で約 10Mbit/s で符号化した場合の輝度信号の符号化誤差を PSNR(dB) で示している。

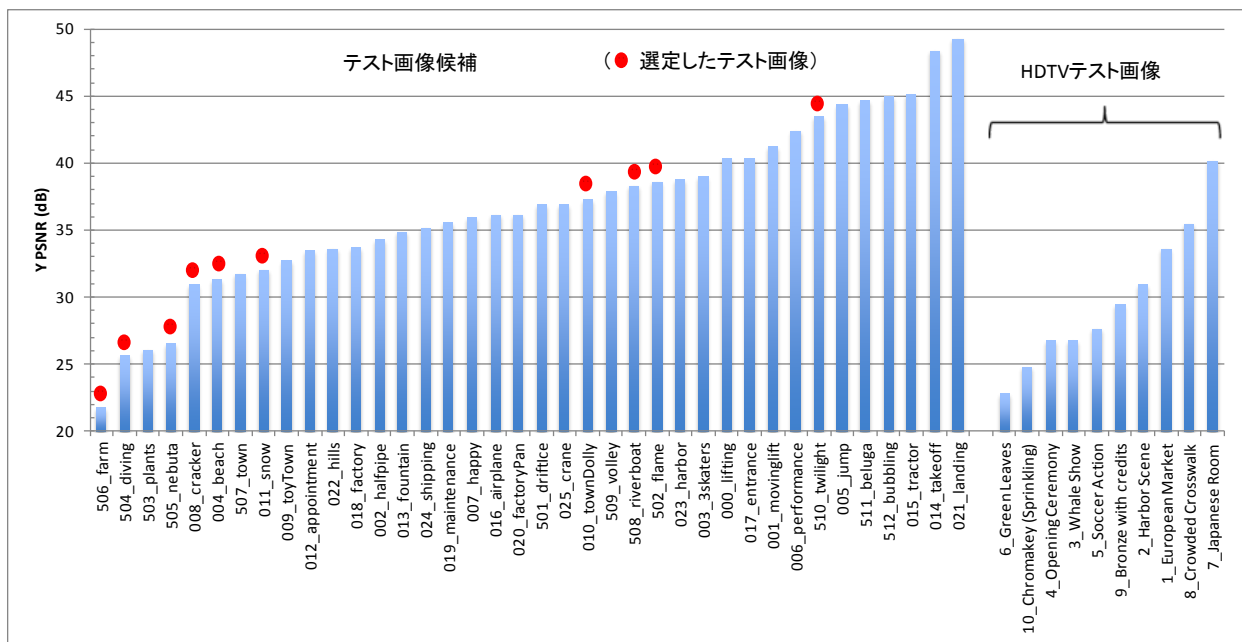












図 A3-1 テスト画像の符号化難易

最終的に選定した 10 個のテスト画像を表 A3-1 に示す。

表 A3-1 マルチフォーマットテスト画像

1 004_beach		6 504_diving	
2 008_cracker		7 505_nebuta	
3 010_townDolly		8 506_farm	
4 011_snow		9 508_riverboat	
5 502_flame		10 510_twilight	

## 2.2 符号化・復号化

符号化実験の条件を表 A3-2 に示す。

エンコーダ/デコーダには、1080/60/P、2160/60/P、4320/60/P の全ての映像フォーマットに対応している HEVC テストモデル(HM)を用いた。HM とハードウェアのエンコーダには、以下のような相違がある。(1)HM では Rate-Distortion 特性に基づく符号化パラメータの最適化が図られているが、ハードウェアでの最適化には限界がある。(2)HM のレートコントロールは必ずしも最適なものではないが、ハードウェアではメーカーのノウハウに基づき(1)の制約を補う制御が行われる。

ビットレートの選定は、高度広帯域衛星デジタル放送の検討で専門家を評価者として二重刺激劣化尺度法 (DSIS 法) で求められた 2160/60/P および 1080/60/P の MPEG-4 AVC による所要ビットレート (それぞれ 60Mbit/s、17Mbit/s) を参考に、HEVC による符号化効率向上を考慮した。

表 A3-2 符号化実験条件

映像	フォーマット	Y'C'B'C'R 4:2:0, 10 bits		
	表色系	Rec. ITU-R BT.709		
	テスト画像	マルチフォーマットテスト画像 10 種類、各 10 秒 (表 A3-1 参照、NHK 提供)		
符号化	エンコーダ	HEVC Test Model HM11.0		
	デコーダ	HEVC Test Model HM11.0		
	プロファイル	Main10 (10 bits, 4:2:0)		
	ビットレート	1080/60P	4, 7, 10, 15 Mbit/s	
		2160/60P	15, 20, 30, 40 Mbit/s	
		4320/60/P	60, 80, 100, 120 Mbit/s	
Intra 間隔	32 (約 0.5 秒)			

## 2.3 主観評価

主観評価実験の条件を表 A3-3 に示す。

一人の評価者は 1080/60/P、2160/60/P、4320/60/P（視距離 2 種類）のすべての評価実験に参加した。ただし、実験の順序やビットレートの提示順序は評価者グループ毎に変えた。

表 A3-3 画質評価実験条件

評価方法	二重刺激劣化尺度(DSIS)法、5段階劣化尺度（表 A3-4 参照） 基準画像－評価画像のペアを 1 回提示	
観視条件	Rec. ITU-R BT. 2022	
評価者	専門家 32 人	
ディスプレイ	1080/60/P	25-inch 有機 EL
	2160/60/P	56-inch LCD
	4320/60/P	85-inch LCD
視距離	1080/60/P	画面高の 3 倍(3H)
	2160/60/P	画面高の 1.5 倍(1.5H)
	4320/60/P	画面高の 0.75 倍(0.75 H)および 1.5 倍(1.5H)
実施日	2013 年 10 月 11 日	
実施場所	NHK 放送技術研究所	

表 A3-4 5 段階劣化尺度

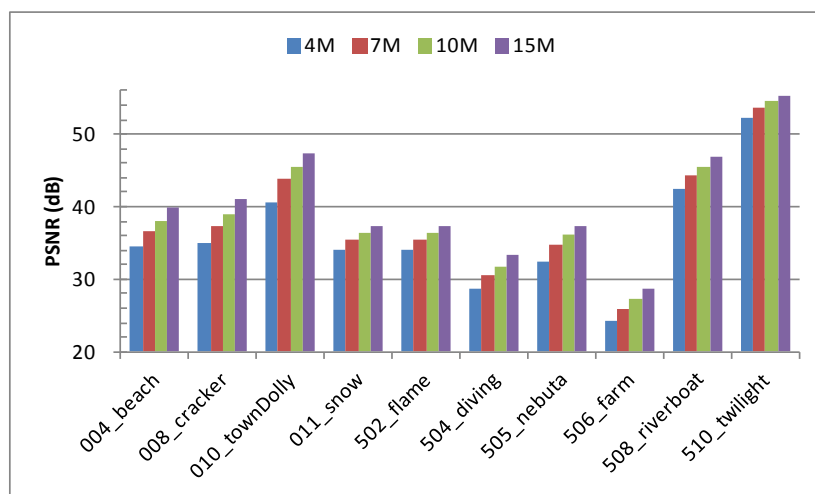
評点	評価語
5	劣化が分からない
4	劣化が分かるが気にならない
3	劣化が気になるが邪魔にならない
2	劣化が邪魔になる
1	劣化が非常に邪魔になる

## 2.4 所要ビットレート推定の基準

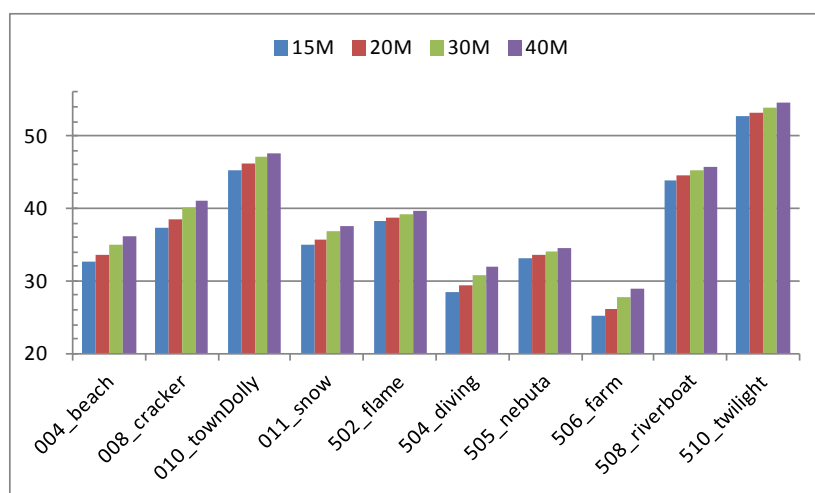
放送品質を満足するサービスを提供するためには、画質の許容限と見なされる平均評価値(MOS: Mean Opinion Score) 3.5 以上がほぼ全ての映像で満足することが望まれ、また、MOS 3.0 未満は放送品質として許容し難いと考えられる。そこで、平均値と分散を基に、MOS 3.5 以上及び MOS 3.0 未満に該当するか否かを有意水準 5%で検定する。

### 3 符号化結果

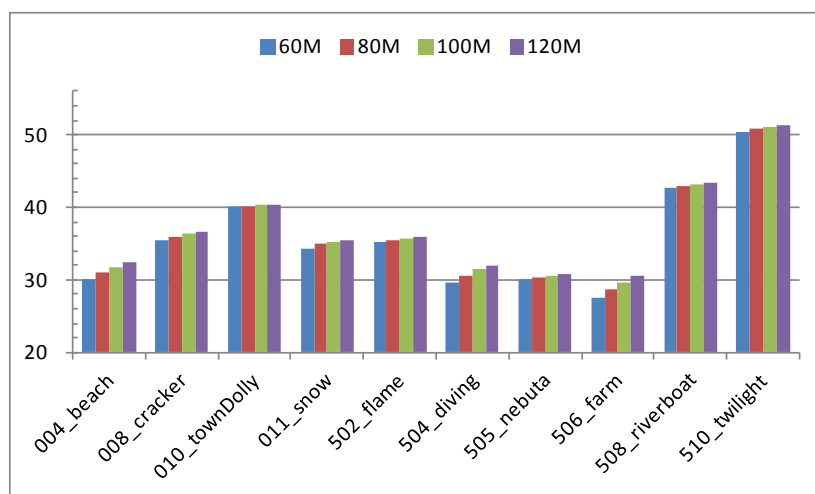
輝度信号の符号化誤差を PSNR (dB)で図 A3-2 に示す。



(a) 1080/60/P



(b) 2160/60/P



(c) 4320/60/P

図 A3-2 輝度信号の符号化誤差

## 4 評価結果

### 4.1 評価者のスクリーニング

1080/60/P、2160/60/P、4320/60/P (0.75H)、4320/60/P (1.5H)の実験毎に評価者のスクリーニングを行った。図 A3-3 に実験毎の各評価者の評価結果と評価者間平均値の Pearson 相関を示す。Pearson 相関が 0.4 未満の評価者の評価結果を除外することとし、32 名の評価者のうち、1080/60/P で 1 名、4320/60/P (0.75H) で 3 名、4320/60/P (1.5H) で 9 名の評価結果が除外された。

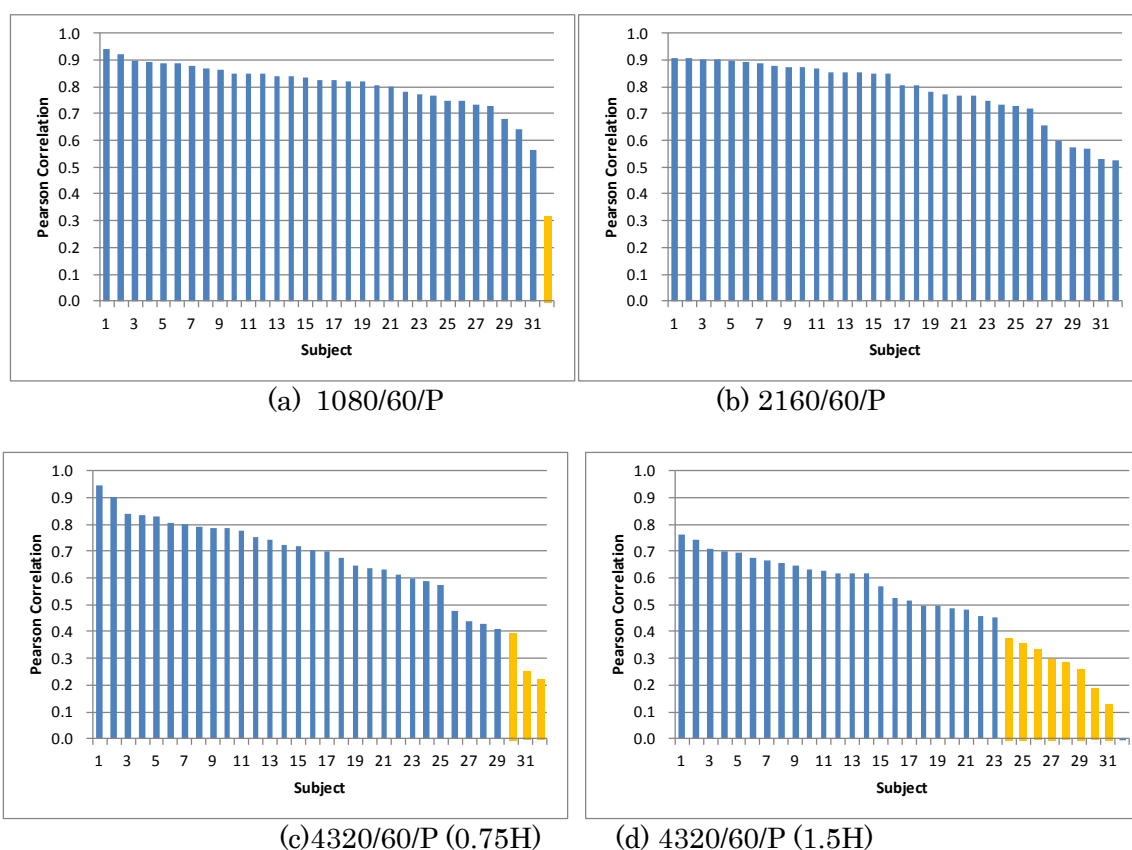


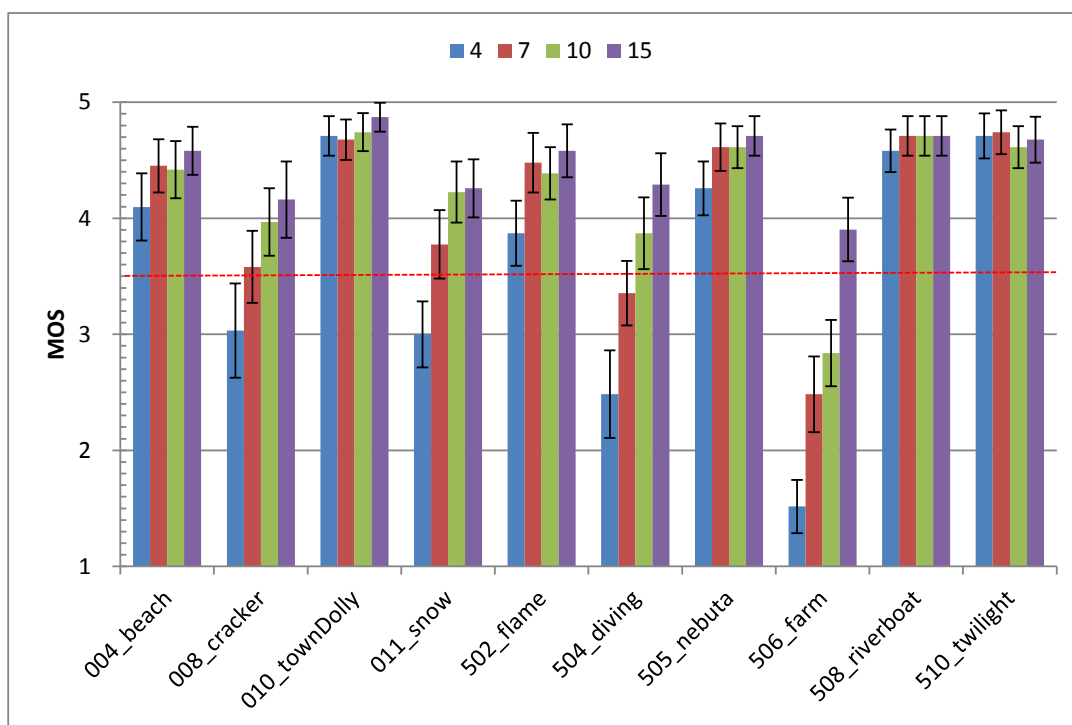
図 A3-3 評価者の評点と評価者間平均評点との Pearson 相関

### 4.2 ビットレート対画質

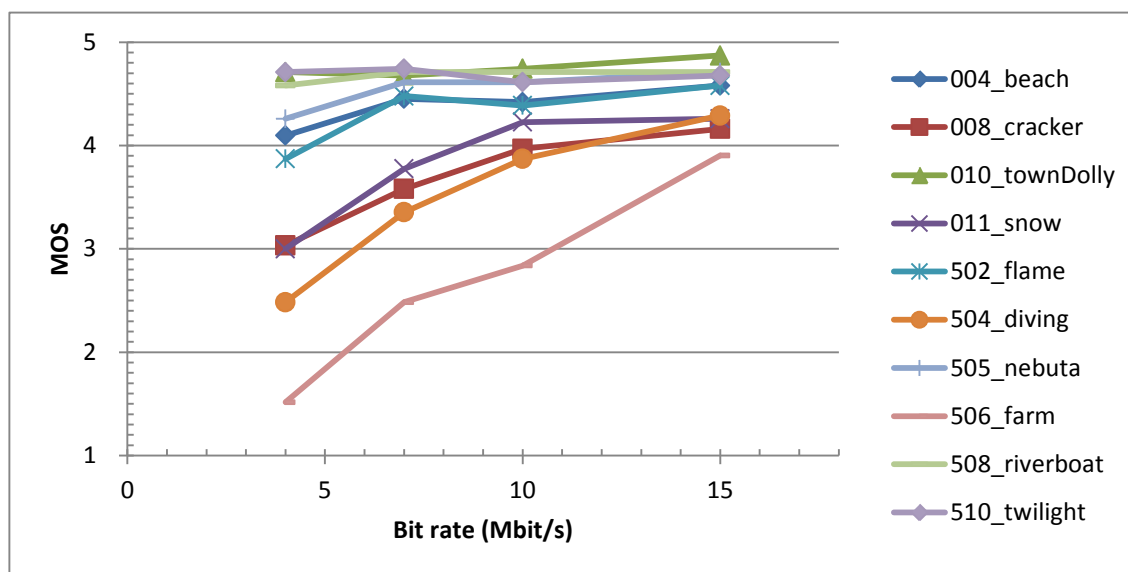
#### 4.2.1 1080/60/P

図 A3-4 に 1080/60/P のビットレート対 MOS を、表 A3-5 に画質基準に対するテスト画像の割合を示す。なお、評価実験中のトラブルのため、502\_flame@7Mbit/s の有効評価者数は 23 である。





(a)





























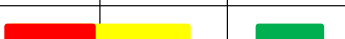







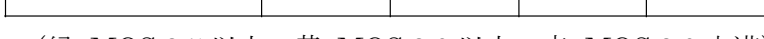




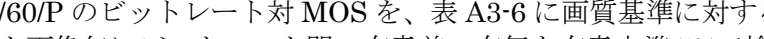
(b)

図 A3-4 1080/60/P のビットレートと画質 (平均値と 95%信頼区間)

1080/60/P	4Mbit/s	7 Mbit/s	10 Mbit/s	15 Mbit/s
3.5 以上	6/10	9/10	9/10	10/10
3.0 未満	2/10	1/10	0/10	0/10

図 A3-5 にテスト画像毎にビットレート間の有意差の有無を有意水準 5%で検定した結果を示す。有意差が無いビットレートの範囲を棒線で示している。例えば、テスト画像「004\_beach」の場合、4Mbit/s と 7Mbit/s および 10Mbit/s の間に有意差はないが 4Mbit/s と 15Mbit/s の間には有意差が

あり、また、7Mbit/s と 10Mbit/s および 15Mbit/s の間に有意差はない。

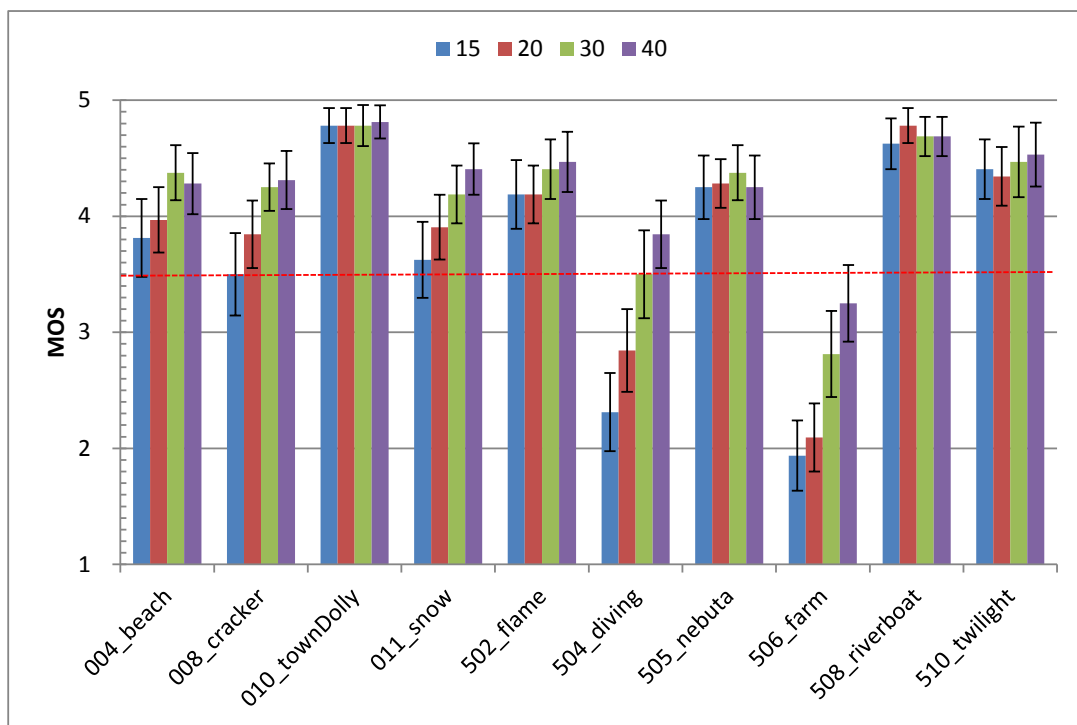
1080/60/P	4M	7M	10M	15M
004_beach				
008_cracker				
010_townDolly				
011_snow				
502_flame				
504_diving				
505_nebuta				
506_farm				
508_riverboat				
510_twilight				

(緑: MOS 3.5 以上、黄: MOS 3.0 以上、赤: MOS 3.0 未満)

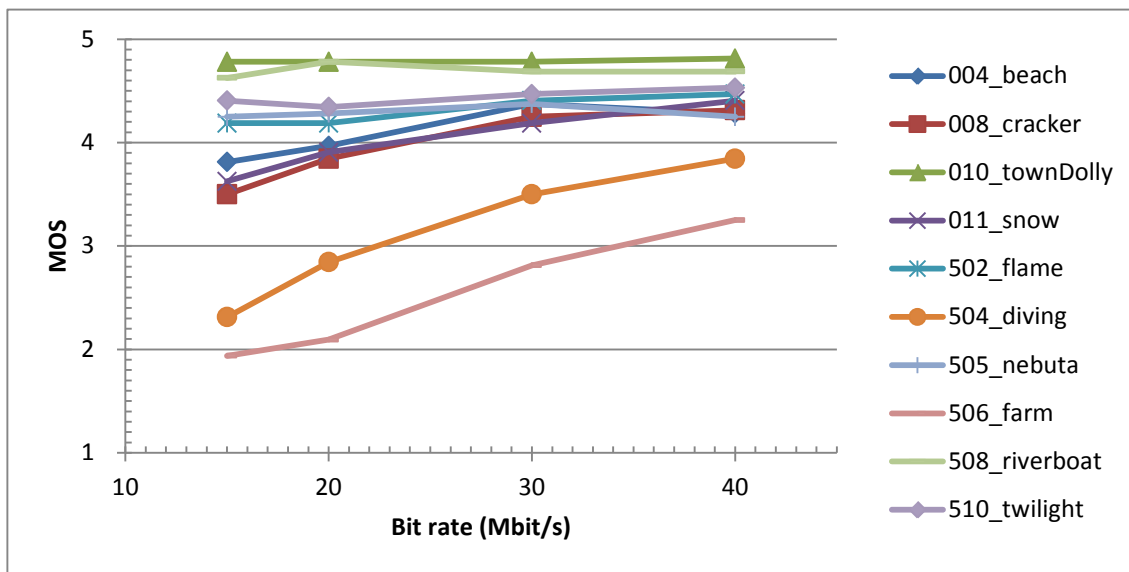
図 A3-5 1080/60/P のビットレート間の有意差の有無

#### 4.2.2 2160/60/P

図 A3-6 に 2160/60/P のビットレート対 MOS を、表 A3-6 に画質基準に対するテスト画像の割合を、図 A3-7 にテスト画像毎にビットレート間の有意差の有無を有意水準 5% で検定した結果を示す。



(a)





















(b)

図 A3-6 2160/60/P のビットレートと画質（平均値と 95%信頼区間）

表 A3-6 2160/60/P のビットレートと画質基準に対するテスト画像の割合

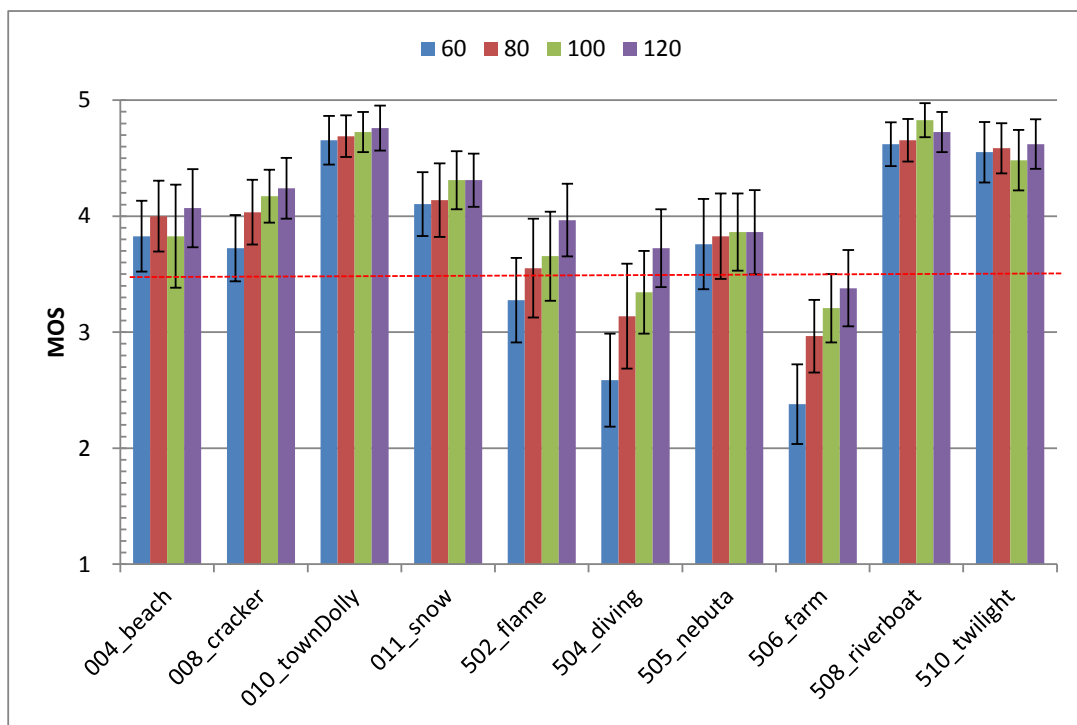
2160/60/P	15Mbit/s	20Mbit/s	30 Mbit/s	40 Mbit/s
3.5 以上	8/10	8/10	9/10	10/10
3.0 未満	2/10	1/10	0/10	0/10

2160/60/P	15M	20M	30M	40M
004_beach				
008_cracker				
010_townDolly				
011_snow				
502_flame				
504_diving				
505_nebuta				
506_farm				
508_riverboat				
510_twilight				

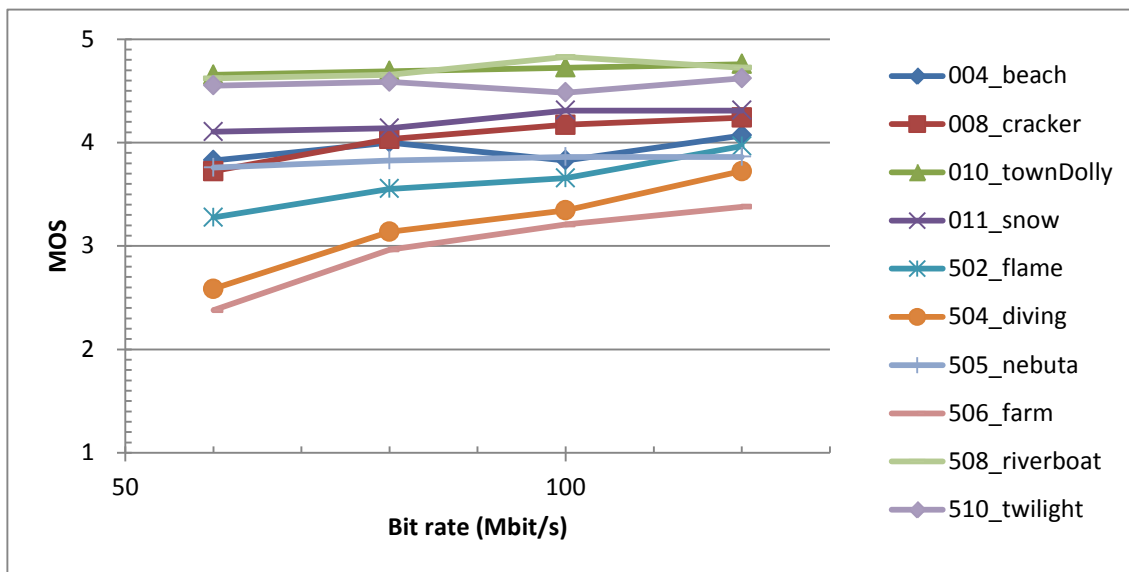
(緑: MOS 3.5 以上、黄: MOS 3.0 以上、赤: MOS 3.0 未満)  
 図 A3-7 2160/60/P のビットレート間の有意差の有無

#### 4.2.3 4320/60/P

図 A3-8 に 4320/60/P (0.75H) のビットレート対 MOS を、表 A3-7 に画質基準に対するテスト画像の割合を、図 A3-9 にテスト画像毎にビットレート間の有意差の有無を有意水準 5% で検定した結果を示す。



(a)



(b)

図 A3-8 4320/60/P (0.75H)のビットレートと画質 (平均値と 95%信頼区間)

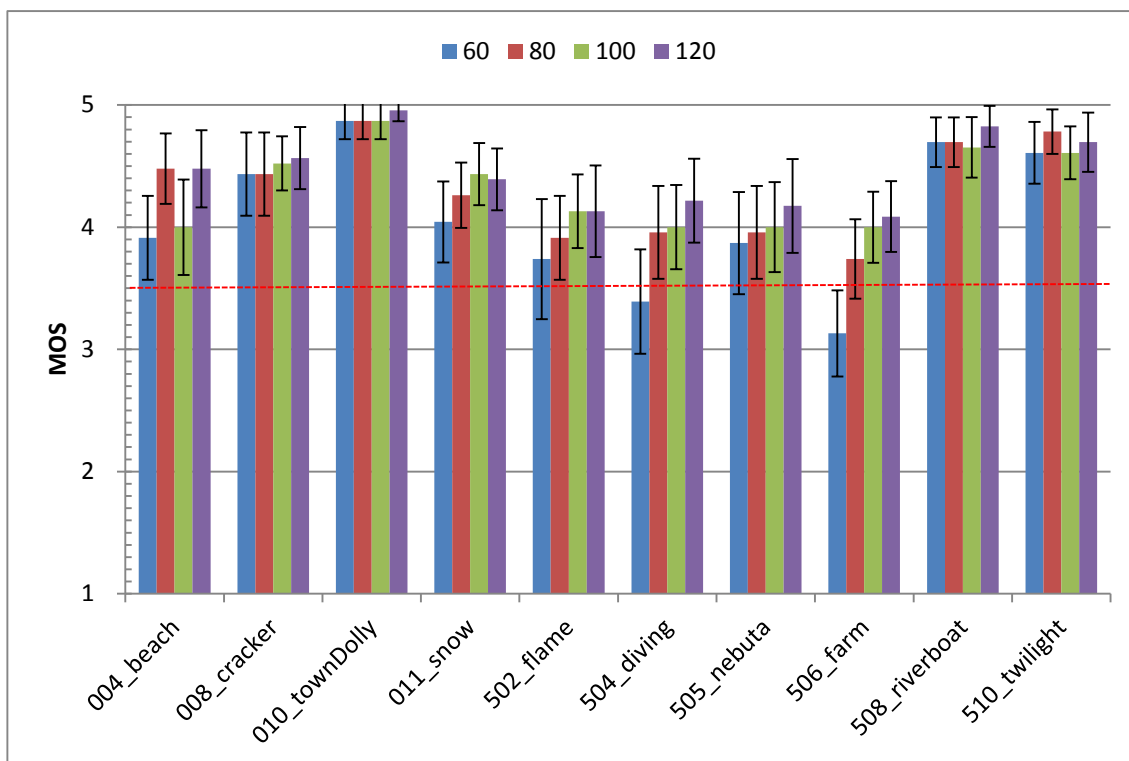
表 A3-7 4320/60/P (0.75H)のビットレートと画質基準に対するテスト画像の割合

4320/60/P (0.75H)	60Mbit/s	80Mbit/s	100 Mbit/s	120 Mbit/s
3.5 以上	8/10	9/10	10/10	10/10
3.0 未満	1/10	0/10	0/10	0/10

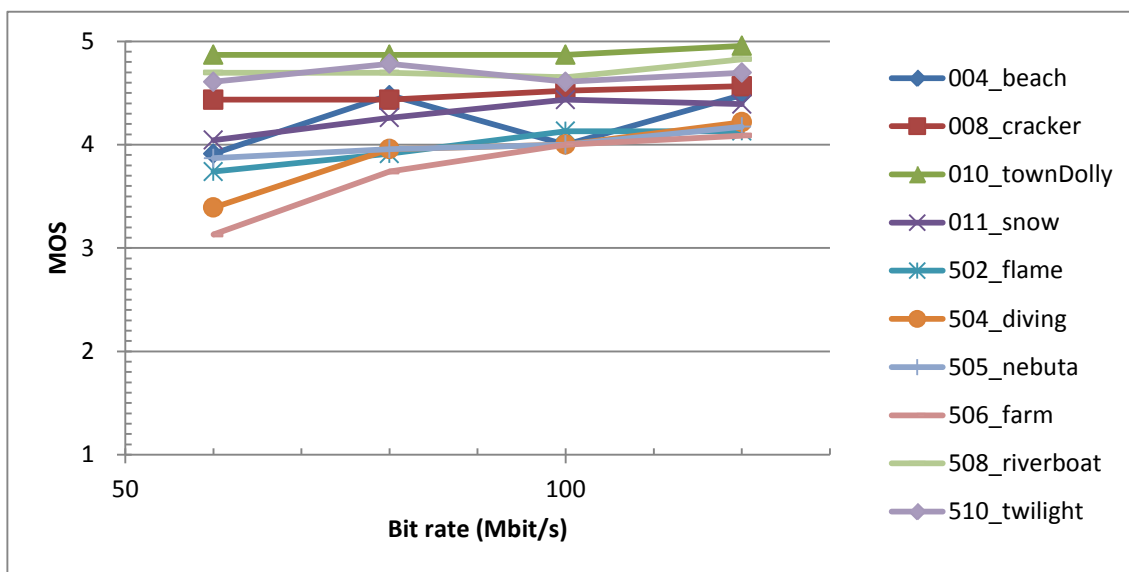
4320/60/P (0.75H)	60M	80M	100M	120M
004_beach	[Green bar]			
008_cracker	[Green bar]	[Green bar]		
010_townDolly	[Green bar]			
011_snow	[Green bar]			
502_flame	[Green bar]	[Green bar]		
504_diving	[Yellow bar]	[Green bar]	[Green bar]	
505_nebuta	[Green bar]			
506_farm	[Red bar]	[Yellow bar]	[Green bar]	
508_riverboat	[Green bar]			
510_twilight	[Green bar]			

(緑: MOS 3.5 以上、黄: MOS 3.0 以上、赤: MOS 3.0 未満)  
 図 A3-9 4320/60/P (0.75H)のビットレート間の有意差の有無

図 A3-10 に 4320/60/P (1.5H)のビットレート対 MOS を、表 A3-8 に画質基準に対するテスト画像の割合を示す。



(a)



(b)

図 A3-10 4320/60/P (1.5H)のビットレートと画質 (平均値と 95%信頼区間)

表 A3-8 4320/60/P (1.5H)のビットレートと画質基準に対するテスト画像の割合

4320/60/P (1.5H)	60Mbit/s	80Mbit/s	100 Mbit/s	120 Mbit/s
3.5 以上	9/10	10/10	10/10	10/10
3.0 未満	0/10	0/10	0/10	0/10

### 4.3 所要ビットレート

MOS 3.5 以上を 9/10 以上のテスト画像で満足し、かつ、MOS 3.0 未満となるテスト画像が無いことを条件として、所要ビットレートを表 A3-9 のように推定した。

表 A3-9 所要ビットレート

1080/60/P	10Mbit/s~15Mbit/s
2160/60/P	30Mbit/s~40Mbit/s
4320/60/P	80Mbit/s~100Mbit/s