

## 8K 標準ファイルフォーマット準拠 HEVC ハードウェアコーデックの開発 Development of HEVC Codec for 8K File-based System

中島 奈緒<sup>†</sup>      根本 慎平<sup>†</sup>      井口 和久<sup>†</sup>      市ヶ谷 敦郎<sup>†</sup>      神田 菊文<sup>†</sup>  
Nao Nakajima   Shimpei Nemoto   Kazuhisa Iguchi   Atsuro Ichigaya   Kikufumi Kanda

### 1. はじめに

2020 年下期に電波産業会 (ARIB) にて, 超高精細度テレビジョン放送番組交換用標準ファイルフォーマットの標準規格 (以下, 標準ファイルフォーマット) が標準化される見込みとなった[1]. 本標準ファイルフォーマットは, 放送局間または, 放送局とコンテンツを作成するプロダクションなどの間での, コンテンツ交換におけるファイルフォーマットとして用いられる標準である.

著者らは, 標準ファイルフォーマット策定に際して, HEVC/H.265 方式 (以下, HEVC) で符号化された 8K/59.94Hz (以下 60p) 画像を用いた主観画質評価実験を実施し, その所要ビットレートが 600 [Mbps]であることを明らかにした[2][3].

本稿では, 所要ビットレートを満たす 8K/60p 標準ファイルフォーマット準拠の HEVC リアルタイムハードウェアコーデックを開発し, その装置実現性を実証したので報告する. また, その画質を主観画質評価実験[3]で用いた 600 [Mbps]の評価画像の画質と比較しながら主観的に確認する.

### 2. 標準ファイルフォーマット

本章では, ARIB で標準化される見込みの超高精細度テレビジョン放送番組交換用標準ファイルフォーマットの標準規格[1]の概要を示す. 著者らが開発した HEVC リアルタイムハードウェアコーデックは, この標準ファイルフォーマットに準拠している.

#### 2.1 記録モード

標準ファイルフォーマットは, 表 1 に示す 8K および 4K 符号化映像フォーマットを対象としており, 映像符号化方式は HEVC である. 著者らは主観画質評価実験を実施し, 高品質フォーマットの所要ビットレートが 8K/60p では 600 [Mbps], 4K/60p では 200[Mbps]であることを導いた[2][3]. 標準ファイルフォーマットでは放送現場における幅広い用途での利用を想定し, この高品質フォーマットの所要ビットレートを基準とした 3 種類の記録モードを 8K,4K のそれぞれに対して定義している. これらの記録モードを表 2 に示す.

表 1 標準ファイルフォーマットの符号化映像フォーマット

画素数	7680x4320 (8K), 3840x2160(4K)
フレーム周波数	59.94Hz (60p), 119.88Hz (120p)
画素ビット数	10bit
カラリメトリ	Rec. ITU-R BT.2020 [4]
伝達関数	Rec. ITU-R BT.2020 (SDR) Rec. ITU-R BT.2100 (HDR) [5]
色差信号形式	4:2:2, 4:2:0

<sup>†</sup> 日本放送協会 NHK (Japan Broadcasting Corporation)

表 2 標準ファイルフォーマットの記録モード

符号化方式	HEVC/H.265			
Profile	Main 4:2:2 10 / Main10			
Tier	High Tier			
8K				
	モード	モード	モード	
	150	300	600	
Level	120p	6.2	6.2	6.2
	60p (Main4:2:2 10)	6.1	6.1	6.1
	60P (Main 10)	6.1	6.1	6.2
映像ビットレート[Mbps]	150	300	600	
4K				
	モード	モード	モード	
	100	150	200	
Level	120p	5.2	5.2	5.2
	60p (Main4:2:2 10)	5.1	5.1	5.1
	60P (Main 10)	5.1	5.1	5.2
映像ビットレート[Mbps]	100	150	200	

#### 2.2 ビットストリーム構造

GOP 構造は映像差し替え編集の機能性を考慮した Closed GOP を基本とする Long GOP とされ, ランダムアクセス性およびジョグ操作の利便性を確保するため GOP 長は 0.5 秒分とされている. 各フレームのスライスタイプは, GOP 先頭から I, B, B, P, B, B, B... (N=30, M=3) とされ, B スライス を被参照とする時間方向階層符号化は禁止されている.

#### 2.3 画面分割符号化

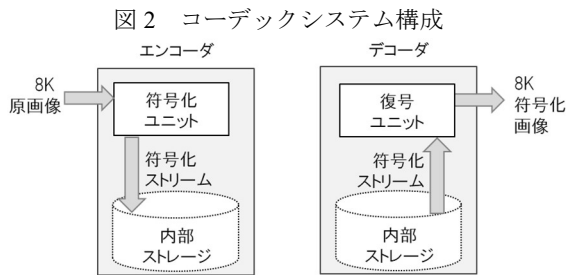
コーデックの高速動作を可能とするため, スライスをを用いた画面分割符号化を必須としている. 各画面を 8K では 16 スライス, 4K では 8 スライスに分割する. この分割位置は ARIB STD-B32 [6]で規定された分割形状である 4 分割スライスを, ライン数が 64 の倍数となるよう, 8K ではさらに 4 分割, 4K ではさらに 2 分割した位置である. また, ハードウェアコーデックを複数コアで実現する際の, コア間の参照ピクチャ共有を容易にするため, ARIB STD-B32 [6]で規定された 4 分割スライスの分割境界における縦方向の動きベクトル範囲は±128 ラインに制限されている.

### 3. 8K/60p ハードウェアコーデック

図 1 に開発したコーデックの外観, 図 2 にシステム構成を示す. エンコーダ, デコーダは同一の筐体を用いており, どちらも 4 系統のユニットを並列動作することでリアルタイム処理を可能としている. 映像信号は 3G SDI (422, 10bit)

を 16 本用いて入出力する。記録再生用装置であるため、符号化ストリームは内部ストレージに保存することを基本としているが、デコーダからエンコーダの内部ストレージにアクセスすることにより、追いかけて再生も可能である。ビットレートは、標準ファイルフォーマット（モード 600）で規定された 600 [Mbps] や、これを超える 800 [Mbps] での符号化、復号が可能である。

図 1 コーデック外観



### 3.1 符号化画像の画質

本装置による符号化画像の画質は、標準ファイルフォーマットの対象とする、素材伝送、収録、送出、アーカイブなどの番組制作のワークフローを考慮し、符号化難易度の高い動画を 3 回繰り返して符号化、復号した場合でも、顕著な劣化が見られないことが要求される。

本装置による 600 [Mbps] での 3 回繰り返して符号化画像を、映像の品質を管理する技術者や符号化の専門家が 55inch 液晶ディスプレイで目視し、微細なテクスチャを多く含む符号化難易度が極端に高い画像においても、劣化が容易に視認できないことを確認した。参考として、本装置による 600 [Mbps]、3 回繰り返して符号化画像の客観画質評価値 (PSNR 値) を表 3 に示す。テスト画像は ITE 標準動画 [7][8] を用いた。

表 3 符号化画像画質 (600 [Mbps], 3 回繰り返して符号化)

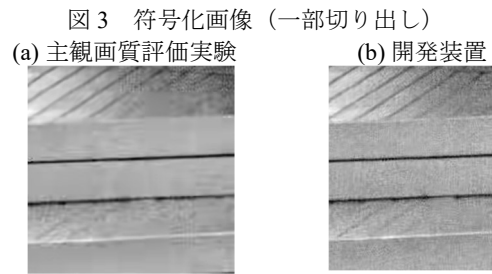
画像	PSNR 値 [dB]	映像
a05	32.06	
a07	24.52	
a08	35.58	
b01	34.10	
b07	33.99	

### 3.2 主観画質評価実験[3]の評価画像との比較

著者らは、2019 年 11 月に実施した主観画質評価実験[3]の際、標準ファイルフォーマットの画質要求条件を、符号化難易度の高い動画に対してワークフローで想定する 3 回の符号化、復号を繰り返しても十分高品質であることと定め、ITE 標準動画 (a05, a07, a08, b01, b07) に対して符号化、復号を 3 回繰り返した画像を評価画像とした。評価

法は極めて軽微な符号化劣化を評価するため、評価画像をビットレート順に提示し、評価者に各ビットレートにおける画質が標準ファイルフォーマットの品質として許容可能か否かを判断させる独自の手法を用いた。この主観画質評価実験の結果から、8K/60p では 600 [Mbps] 以上のビットレートで画質要求条件を満たすことを確認した。

今回開発した装置の符号化品質を評価するため、本装置の符号化画像の画質と、上述の主観画質評価実験で画質要求条件を満たすことが確認された評価画像の画質とを目視にて比較した。比較した画像は、いずれも 600 [Mbps] で 3 回繰り返して符号化、復号したものである。前述の ITE 標準動画 5 種類の符号化画像について、いずれの絵柄においても、今回開発した装置の符号化画像は、画質要求条件を満たすことが確認された評価画像に対し同等以上の符号化品質が得られた。この結果から、今回開発した装置の符号化画像品質が標準ファイルフォーマットの要求画質を満たしていることが確認された。比較した符号化画像の一部を切り出したものを図 3 (a), (b) に示す。



## 4. おわりに

8K/60p 標準ファイルフォーマット準拠の HEVC リアルタイムハードウェアコーデックを開発した。本装置による符号化画像の画質と、主観画質評価実験[3]で用いた評価画像の画質とを比較し、本装置の符号化画像が標準ファイルフォーマットの画質要求条件を満たすことを確認した。

### 参考文献

- [1] ARIB STD-B77: “超高精細度テレビジョン放送番組交換用標準ファイルフォーマット” (2020)
- [2] 中島他, “HEVC を用いた 8K ファイルベースシステムの所要ビットレート検討”, 2019 年映像情報メディア学会年次大会講演予稿集, 22D-3, 2019 (2019)
- [3] 中島他, “HEVC による 4K8K ファイルフォーマットのビットレート検討”, 2020 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-11-25, 2020, p.25 (2020).
- [4] Recommendation ITU-R BT.2020-2: “Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange” (Oct. 2015)
- [5] Recommendation ITU-R BT.2100-1: “Image parameter values for high dynamic range television for use in production and international programme exchange” (Jun. 2017)
- [6] ARIB STD-B32: “デジタル放送における映像符号化, 音声符号化及び多重化方式” (2016)
- [7] 映情学, 電波産業会: “超高精細・広色域標準動画—A シリーズ解説書” (2016)
- [8] 映情学, 電波産業会: “超高精細・広色域標準動画—B シリーズ解説書” (2017)