

8Kスーパーハイビジョン—試験放送の概要—

NHK放送技術研究所

神田 菊文 杉本 岳大 小野 一穂

1. はじめに

NHKでは、2016年8月に、8Kスーパーハイビジョン（以下8KSHV）の試験放送を開始した。8Kスーパーハイビジョンは、HDTVの16倍の画素数をもつ7680×4320の8K映像と22.2マルチチャンネル音響（以下、22.2ch音響）からなる次世代の放送システムである。4K放送サービスとともに、総務省の放送サービス高度化に関する検討会のロードマップ^[1]にスケジュールが示されている。この8月に開始した2016年の試験放送の後、2018年には実用放送が開始され、東京オリンピック・パラリンピック開催年である2020年には4K/8K放送が普及し多くの視聴者が市販のテレビで番組を楽しんでいることが、SHV放送の目指す姿とされている。

試験放送の開始にあたっては、総務省の情報通信審議会（情通審）において技術的条件が検討され、2014年3月に答申された一方、同7月には省令についても告示・改正が行われた。これらを受け、電波産業会（ARIB）において関連する国内規格の整備を行う一方、2014年1月よりNexTVフォーラムにおいて運用規定の検討を進め、2015年12月に運用規定1.0版を発行、2016年7月のARIB規格会議において承認・公開された。これと並行して、制作、符号化、多重化などの局内設備から受信機に至るまでの、試験放送に必要な機器開発も行われた。

本稿では、8KSHV試験放送における映像・音響符号化方式について述べるとともに、2016年夏期オリンピックの国内パブリックビューイング、試験放送の状況についても紹介する。

2. 8Kスーパーハイビジョン試験放送における映像フォーマット

SHV放送を実現するためには、放送の限られた伝送路でも高品質を保ちながら伝送できるように、膨大なデータ量をもつSHV映像を高効率に圧縮することが必要である。本章ではSHV放送の映像フォーマットと放送に不可欠な映像の圧縮技術について述べる。

2.1. 映像パラメータ

超高精細度テレビジョン放送であるSHVは、これまでのHDTVを超える規格のテレビジョンとして1995年にNHK技研で開発が開始された。SHVの映像は、空間解像度（画素数）、時間解像度（フレーム周波数）、表現できる色（色域）、明るさ（ダイナミックレンジ）、階調において、HDTVを上回る性能を持ち、その場にいるような高い臨場感を得られるシステムとして、心理物理的な効果をもとにパラメータが決定された^[2]。2012年8月にはITU-R Rec.BT2020^[3]として国際標準化され、これに基づき国内でもARIBの標準規格STD-B56^[4]が策定され、SHV試験放送の映像入力フォーマットもこれにしたがって運用されている（表1）。

表 1 SHV 映像の主なパラメータ(ARIB STD-B56 1.1 版)

アスペクト比	16:9
画素数	7680×4320, 3840×2160
フレーム周波数	120, 120/1.001, 60/1.001, 60
走査方式	順次走査
色域	高色域表色系(ITU-R Rec.BT2020)
映像サンプルの bit 数 (階調)	10bit, 12bit

2.2. 映像符号化

SHV 試験放送の映像符号化方式としては、ARIB の標準規格 STD-B32 [5]で HEVC(High Efficiency Video Coding) [6]が規定されている。HEVC は 2013 年に規格として発行され、高能率な符号化が可能な現時点で最新の映像符号化方式である。H.264|AVC 方式と比較して 2 倍の符号化性能を目標に方式が検討され、膨大な情報量をもつ超高精細度テレビジョンの映像符号化には不可欠の技術となっている。

HEVC の符号化手法は、動き補償予測と変換符号化を用いたハイブリッド符号化であることはこれまでの MPEG-2、H.264|AVC 方式と同様であるが、高能率な符号化を実現するため、さまざまな符号化ツールの改善が図られた。その中でも符号化ブロックの大きさや形状を柔軟に選択できるようにし、より大きなブロックを用いて高精細画像での効果を高めたことや、画面内予測(イントラ予測)の高度化などによって予測信号をより高精度に生成する手法の導入等が図られ、より高い圧縮効率を得ることを可能としている。HEVC の詳細な符号化の仕組みについては詳しく説明されている解説書[7]があるので参照されたい。

表 2 に SHV 試験放送における映像符号化方式の概要を示す。前述の映像フォーマットにしたがって、符号化のプロファイルとレベルが規定されている。SHV 映像を HEVC で符号化した場合に、放送にふさわしい品質でサービスするために必要なビットレートは、符号化実験と画質評価実験により、8K(4320/60/P)で 80~100Mbps、4K(2160/60/P)で 30~40Mbps と推定されている[8]。

表 2 SHV 放送の映像符号化方式

システム	4320/120/P (8K)	4320/60/P (4K)	2160/120/P (4K)	2160/60/P (4K)
準拠規格	ITU-T H.265 MPEG-H HEVC			
プロファイル	Main 10			
レベル	6.2	6.1	5.2	5.1
クロマフォーマット	4:2:0			
ビット精度	10bit			

3. 8K スーパーハイビジョン試験放送における音声フォーマット

3.1. 22.2 マルチチャンネル音響システム

NHK は 8K 映像と組み合わせる音響システムとして、24 個のチャンネルを上下 3 層構造に配置した 22.2ch 音響^{[9][10]}の研究開発を進めている。図 1 に 22.2ch 音響のチャンネル配置とチャンネルラベルを示す。聴取位置の上方に上層の 9 チャンネル、聴取者の耳の高さに中層の 10 チャンネル、聴取位置の下方に下層の 3 チャンネルを配置するとともに、2 個の低域効果チャンネル (Low Frequency Effects : LFE) を加えている。22.2ch 音響は、画面上の自由な音像定位に加え、聴取位置を取り囲む全方向からの音再生が可能であり、高品質な三次元音場による高い臨場感を提供できる音響システムである。

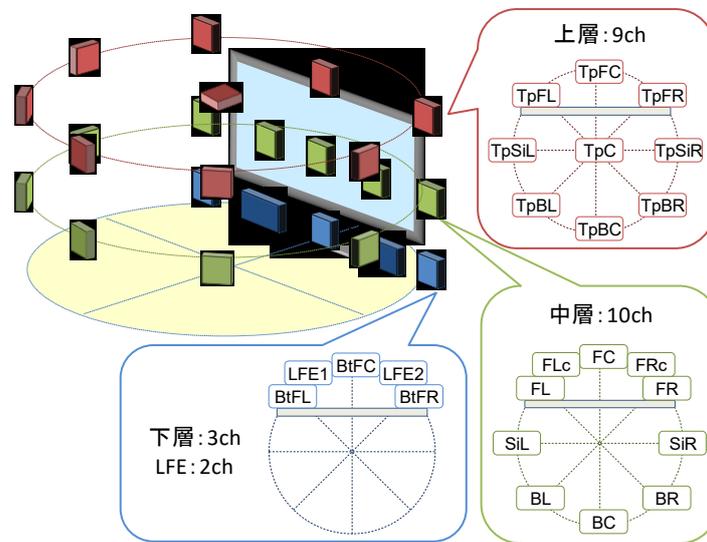


図 1 22.2ch 音響のチャンネル配置とチャンネルラベル

3.2. 22.2ch 音響放送の音声符号化方式

22.2ch 音響の試験放送における音声符号化方式は ARIB 標準規格 STD-B32 第 2 部第 6 章に規定されており^[5]、圧縮符号化技術は Moving Picture Experts Group (MPEG) によって規格化された MPEG-4 AAC (Advanced Audio Coding) ^[11]に基づいている。AAC は聴覚心理符号化技術を用いることで高い圧縮率を実現できる方式であり、現行の地上デジタル放送、BS デジタル放送では MPEG-2 AAC が採用されている^[10]。当初 MPEG-4 AAC は最大 5.1ch までしか対応していなかったため、最大 22.2ch まで対応可能なように MPEG 規格が拡張された^[12]。また 22.2ch 音声信号の符号化法として、SCE (Single Channel Element : 単一チャンネル用の圧縮符号化)、CPE (Channel Pair Element : 2 チャンネルをペアとして扱う圧縮符号化) および LFE (LFE Element : LFE チャンネル用の圧縮符号化) を組み合わせる手続きが規定された^[12]。表 3 に、試験放送の音声符号化方式の諸元を示す。

なお今回の試験放送では、22.2ch 音響に加えて、5.1ch サラウンド、2ch ステレオの全 3 ストリームを同時に伝送するサイマル放送を実施しており、受信機や再生装置の対応チャンネル数に合わせて音声信号を選択できる仕組みになっている。

表3 試験放送の音声符号化方式の諸元

標本化周波数	48 kHz
入力量子化ビット数	16 ビット以上
最大入力チャンネル数	22.2ch
音声符号化方式	MPEG-4 AAC

3.3. MPEG-4 AAC による 22.2ch 音声信号の圧縮符号化

放送品質を満たす 22.2ch 音声信号のビットレートの目安を得るため、NHK で開発した 22.2ch 音声符号化装置の客観評価試験を実施した^[13]。22.2ch 音源としてロゴ、オーケストラ、スポーツ、ドラマを選び、1.4 Mbit/s のビットレートで評価した。客観評価法はマルチチャンネル音響には未対応であるため、ドラマについてはセリフが割り当てられた FC の信号に、それ以外の音源については FL の信号に着目して評価した。

図 2 に客観評価試験の結果を示す。この結果から、すべての音源の客観評価値^{注 1)}が -1.0 を上回っていることがわかる。ITU-R 勧告 BS.1548-4 によると、放送品質とは「音質劣化を判別しやすい音源で主観評価値の平均が -1.0 以上であること」と規定されている^[14]。したがって 22.2ch 音響放送は、1.4 Mbit/s 以上のビットレートで放送品質を満たすことが示唆される。

注 1)非圧縮音声信号と圧縮音声信号の違いに関する評価値で、0.0 は「違いを検知できない」、-1.0 は「違いを検知できるが気にならない」、-4.0 は「違いが非常に気になる」という評価を示す。

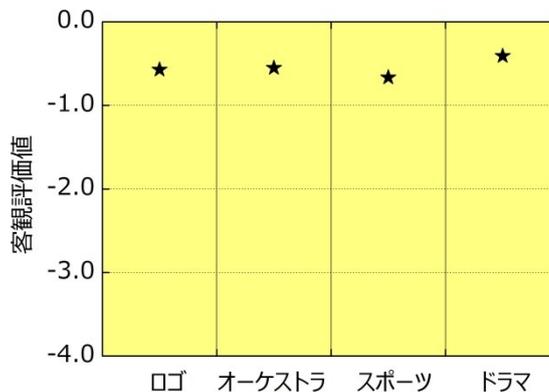


図2 客観評価試験の結果

4. 4K/8K スーパーハイビジョン(SHV)試験放送とリオ五輪国内パブリックビューイング

4.1. 日本国内でのリオ五輪パブリックビューイング

試験放送の開始された 8 月には、リオデジャネイロで開催された夏季五輪のパブリックビューイングが国内各地で行われた。会場の一覧を表 4 に示す。

リオデジャネイロから東京までの国際区間の回線には、映像は H.264 方式、音響は MPEG-2 AAC で符号化し、280Mbps に圧縮した TS 信号を用いた。放送センターではこの TS 信号を受信、

復号して、ふれあいホールに局内分配するとともに、NHK 放送技術研究所とパナソニックセンター有明にはダークファイバーを使用して伝送した。一方、グランフロント大阪には、国際伝送された TS 信号をそのまま分配して伝送し、現地で復号して再生した。また、NHK 放送博物館、丸ビル (MARUCUBE、図 3) では、試験放送の電波を受信して再生した。

これらのパブリックビューイングには、次節で紹介する各放送局でのパブリックビューイングと合わせ、23 万人以上が来訪し、迫力のある映像と音響を多くの方に楽しんでいただいた。

表 4 国内パブリックビューイング会場一覧

パブリックビューイング会場	五輪 PV 期間	総入場者数
NHK放送博物館 ^{※1} 70 席 / 200 インチ	8 月 6 日 ~ 22 日	3658 人
ふれあいホール ^{※2} 235 席 / 500 インチ 4Kx4	8 月 6 日 ~ 22 日	5548 人
NHK放送技術研究所 ^{※2} 234 席 / 300 インチ	8 月 6 日 ~ 22 日	918 人
丸ビル (MARUCUBE) 85 インチ 3 台 ^{※1} 55 インチ 2 台 ^{※3}	8 月 6 日 ~ 22 日	42430 人
パナソニックセンター東京 ^{※2} 240 インチ 4Kx4	8 月 6 日 ~ 22 日	17918 人
グランフロント大阪 ^{※2} 216 席 / 350 インチ	8 月 6 日 ~ 14 日	4569 人

※1 試験放送を受信して再生

※2 素材を放送センターより伝送して再生

※3 再生装置によるオフライン再生



図 3 国内パブリックビューイング会場 (丸ビル)

4.2. 試験放送

8月1日に開始した試験放送では衛星放送の17chを使用し、8K/4Kの普及促進と技術検証を目的に毎日7時間程度の放送が行われており、8月のリオ五輪期間中は現地からの生中継を行うなど、番組の充実も徐々に図られている。12月1日からは、放送サービス高度化推進協会(A-PAB)による試験放送も開始される。一方、4K/8K試験放送を受信できるテレビは、まだ市販されていない(2016年11月現在)。全国のNHK各局には専用の受信装置が設置されており、ぜひ、お近くのNHKに、足を運んでいただき、8Kスーパーハイビジョンの映像・音声による圧倒的な臨場感を体感していただきたい。



図4 4K/8K試験放送受信設備
(NHK放送技術研究所リビングシアター)

5. おわりに

2016年8月に開始した8KSHV試験放送の概要を紹介した。今後、2018年の実用放送、東京五輪の開催される2020年の本格普及に向け、引き続き機器の開発や標準化を進めていく。

参考文献

- [1] 総務省 4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合, http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/4k8kroadmap/index.html
- [2] 西田幸博：“スーパーハイビジョンの映像パラメーターと国際標準化”，NHK技研R&D/No.137,p.10-19(2013)
- [3] Recommendation ITU-R BT.2020-2: “Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange” (2015)
- [4] ARIB STD-B56 1.1版：“超高精細度テレビジョン方式スタジオ規格”(2014)
- [5] ARIB STD-B32 3.8版：“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)
- [6] ITU-T Rec.H.265|ISO/IEC 23008-2,“High Efficiency Video Coding,”(2013)
- [7] 村上ほか：“高効率映像符号化技術 HEVC/H.265とその応用”オーム社、大久保ほか：“H.265/HEVC教科書”インプレス(2013)、など
- [8] A. Ichigaya, Y. Nishida: “Required bit rates analysis for a new broadcasting service using HEVC/H.265”, IE EE Transactions on Broadcasting VOL. 62, NO. 2, JUNE 2016
- [9] “Advanced sound system for programme production,” Rec. ITU-R BS.2051, International Telecommunication Union, Geneva (2014).
- [10] “三次元マルチチャンネル音響方式スタジオ規格,” ARIB STD-B59 2.0版, (一社) 電波産業会 (2016) .
- [11] “Information Technology – Coding of Audio-Visual Objects – Part 3: Audio,” ISO/IEC 14496-3:2009 (2009) .
- [12] “New Levels for AAC Profiles,” ISO/IEC 14496-3:2009/AMD 4:2013 (2013) .
- [13] 杉本, 中山, “MPEG-4 AACを用いた22.2ch音声符号化・復号装置の開発,” 音響学会秋季講演論文集, 2-P-9 (2015) .
- [14] “User Requirements for Audio Coding Systems for Digital Broadcasting,” Rec. ITU-R BS.1548-4, International Telecommunication Union, Geneva (2013).



神田 菊文 (かんだ きくふみ) : 1992 年上智大学修士課程修了、同年 NHK 入局。放送技術研究所に勤務し、高能率映像符号化、デジタル放送(ISDB)の実用化に関する研究に従事。2001 年より技術局、放送技術局、松山放送局で放送設備のハイビジョン化、運用等に関する業務に従事。2013 年より放送技術研究所で 8K スーパーハイビジョンの実用化等に向けた映像符号化の研究に関する業務にあたる。映像情報メディア学会会員。



杉本 岳大 (すぎもと たけひろ) : 2001 年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。同年 NHK 入局。放送技術研究所にて、音響トランスデューサ、音声符号化、三次元音響の研究および MPEG、ARIB の標準化活動に従事。第 45 回市村学術賞貢献賞、第 16・21・24 回日本音響学会技術開発賞、第 28 回関東地方発明表彰発明奨励賞、2015 年度映像情報メディア未来賞フロンティア賞、第 35 回放送文化基金賞、各賞受賞。日本音響学会、AES、映像情報メディア学会各会員。博士 (工学)。



小野 一穂 (おの かずほ) : 1991 年東京大学工学部計数工学科修士卒。同年 NHK 入局。以来、放送技術研究所にて、スピーカアレイによる立体音響、音響トランスデューサ、三次元音響の研究、ARIB 標準化活動等に従事。第 45 回市村学術賞貢献賞、第 16・21 回日本音響学会技術開発賞、第 28 回関東地方発明表彰発明奨励賞、AES ジャパンアワード、第 35 回放送文化基金賞、IEEE GCCE2016 Excellent Paper Award 1st Prize、各賞受賞。AES フェロー。日本音響学会、AES、電子情報通信学会、映像情報メディア学会各会員。