

特集：OTOTEN 2017

日本発世界初 4K ハイレゾライブストリーミング実証実験報告

(一社)日本オーディオ協会 理事 遠藤 真

(一財)NHK エンジニアリングシステム システム技術部長 金次 保明

1.はじめに

(一社)日本オーディオ協会(以下、協会)は 2017 年 3 月 14 日～3 月 15 日に開催した OTOTEN2017 において、4K ハイレゾライブストリーミング実証実験を実施いたしました。これは日本における世界初の実証実験として、「日本発世界初」と銘打ったものです。実際には本稿で後ほど名前を挙げる各社のほかにも多くの方々のご協力を得たものですが、主に 4K 映像及びハイレゾ音声収録を担当した NHK グループを代表して(一財)NHK エンジニアリングシステムの金次と、企画を担当した協会理事の遠藤が、各社からヒアリングした内容を集約して執筆いたしました。

2.音展におけるハイレゾ配信の歴史概観と実証実験の位置づけ

本章では今回の 4K ハイレゾライブストリーミングにつながるこれまでのハイレゾ配信の歴史を協会の音展、カンファレンスから辿ります。ハイレゾ元年 2014 年^[1]からハイレゾ音源と PC、スマートフォンを含む再生機器が急速に普及してまいりました。それに先立つ 2011 年の音展には PCM 系の音声符号化方式 MPEG-4 ALS を使用した「超高品質楽曲ストリーミング配信実証システム」(図 1)が NTT グループから参考展示されています^[2]。これは MPEG-4 ALS によってロスレス圧縮した CD 音源のファイルを HTTP で Android 端末に IP 配信するものでした。そして翌 2012 年の音展には NTT エレクトロニクス(株)から既にハイレゾ 192kHz/24bit/2ch 及び 96kHz/24bit/5.1ch の楽曲を USB オーディオクラス 2.0 対応の Android タブレットに IP 配信するデモが実施されています。

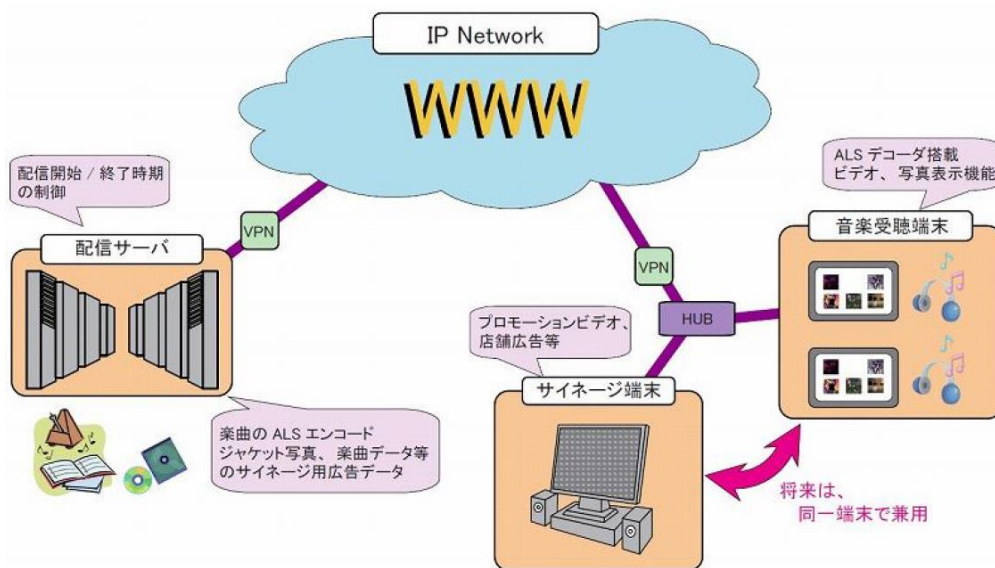


図 1. 超高品質楽曲ストリーミング配信実証システム(音展 2011)[参考文献 2 より]

協会のイベントにハイレゾストリーミングが登場したのは2016年10月29日～30日に開催されたJAS・音のサロン&カンファレンスにおいてです。ここで2つの方式が発表されました。IIJ社と(株)コルグは(株)インターネットイニシアティブ(以下IIJ社)が2015年12月にDSDフォーマットで開始した“PrimeSeat”という楽曲配信サービスの技術について講演しました^[3]。NTTエレクトロニクス(株)社はオープンソースを用いて、いずれも国際標準のH.264映像符号化、MPEG-4 ALSロスレス音声符号化、MPEG-DASHストリーミング方式を採用し、2K映像と96kHz/24bitのハイレゾ音声を多重化して、オンデマンドストリーミング配信するデモをしました^[4]。ストリーミングは大きくはオンデマンド方式とライブ方式に分かれますが、この時点ではライブ方式の実現は課題として残されていました。

3.実証実験のシステム構成と配信状況

実証実験の全体構成を図に示します。OTOTEN2017会場となった東京国際フォーラム5階ホール特設ステージから「OTOTEN大使スペシャルライブ」の4K映像と96kHzハイレゾ音声をリアルタイムに地下1階ロビーギャラリーに配信しました。

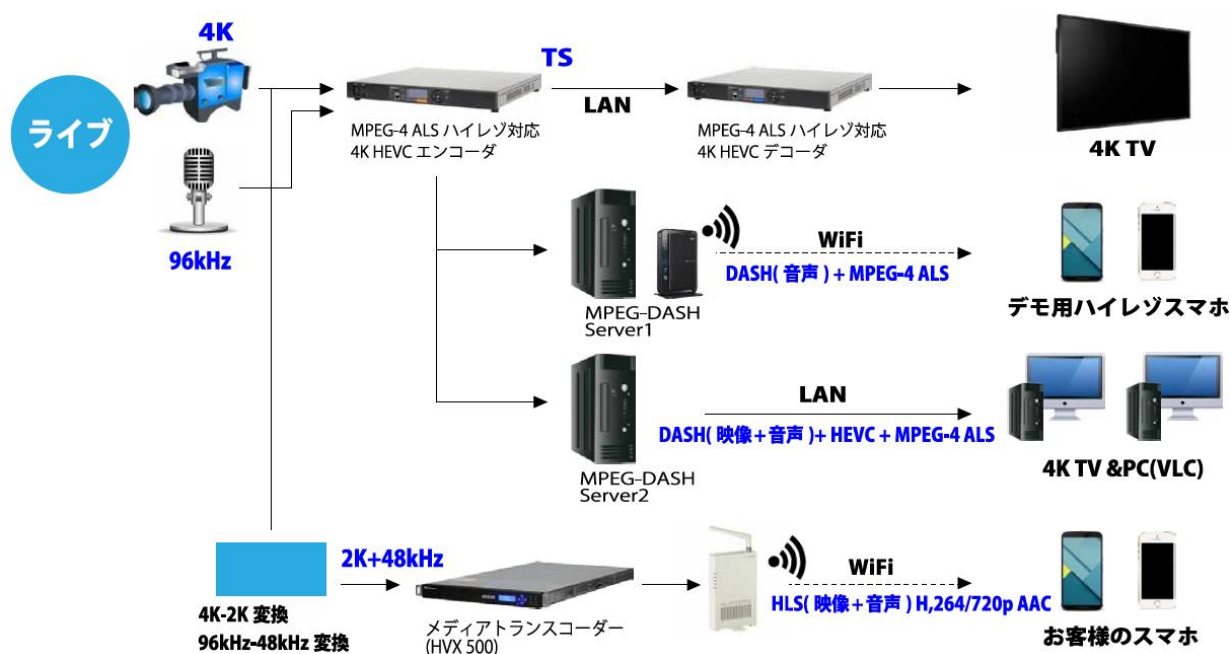


図 2.ハイレゾライブストリーミング実証実験システム構成(OTOTEN2017)

配信系は図2の上から以下のように分かります。

- (1)4K HEVC 映像+MPEG-4 ALS ハイレゾライブ IP 伝送
- (2)MPEG-4 ALS ハイレゾライブ MPEG-DASH ストリーミング
- (3)4K HEVC 映像+MPEG-4 ALS ハイレゾライブ MPEG-DASH ストリーミング
- (4)720P H.264 映像+MPEG-4 AAC HLS ライブストリーミング

2016年からのブレークスルーは以下の2点にあります。

- i) MPEG-4 ALS ハイレゾ対応 4K HEVC エンコーダ

ii) MPEG-DASH ライブサーバー

以下、4K ライブ映像・ハイレゾ音声収録系と各配信系について述べます。

3.1. 4K ライブ映像・ハイレゾ音声収録系

ライブ会場となった東京国際フォーラム 5 階 D5 ホールの後壁ほぼ中央に設置されたイントレ（台）の上に、映像収録のための 4K カメラ（SONY F55）を配置しました。撮影された映像信号は、光信号に変換し、室間の光回線で地下 1 階の機械室まで伝送しました。ここで、再び電気信号に変換し、映像収録機である ASTRO HR-7512 に入力しました。一方、D5 ホールのステージ両袖に、観客の近接音や拍手の音を収録する超単一指向性マイクロホン（Schoeps CMC-64 を 2 本）と、観客のオフの音や全体的な拍手の音などを収録する全指向性マイクロホン（NEUMANN TLM50 を 2 本）を設置しました。PA に用いるボーカルマイクロホンや、カラオケの CD を再生する機器からの 15 チャンネルの信号と、ステージ両脇の 4 本のマイクロホンからの信号は、会場内に設置したヘッドアンプ（HA: Stage Tec Nexus）に入力し、ここで光信号に変換され、映像信号と同様に室間の光回線にて地下 1 階の機械室に伝送しました。地下 1 階の Stage Tec Nexus の受信機は、ミキサー（YAMAHA DM1000）と接続し、ここで各信号のバランスを調整して、MADI 信号に変換して音声収録機である Avid PtoTools HD に入力しました。複数の映像機器は映像同期信号で同期されることで映像乱れがなく伝送、収録されます。同様に、音声機器は 96kHz のワードクロック同期信号で同期され、ノイズを生じることなく伝送、収録することができました。さらに、映像収録機と音声収録機はタイムコード信号で同期され、映像と音声がずれることなく収録される仕組みとしました。

映像収録機、音声収録機からは、収録された信号と同じ信号を出力し、それぞれ MPEG-4 ALS ハイレゾ対応 4K HEVC エンコーダに入力し、そこで圧縮された信号を会場内に配信しました。

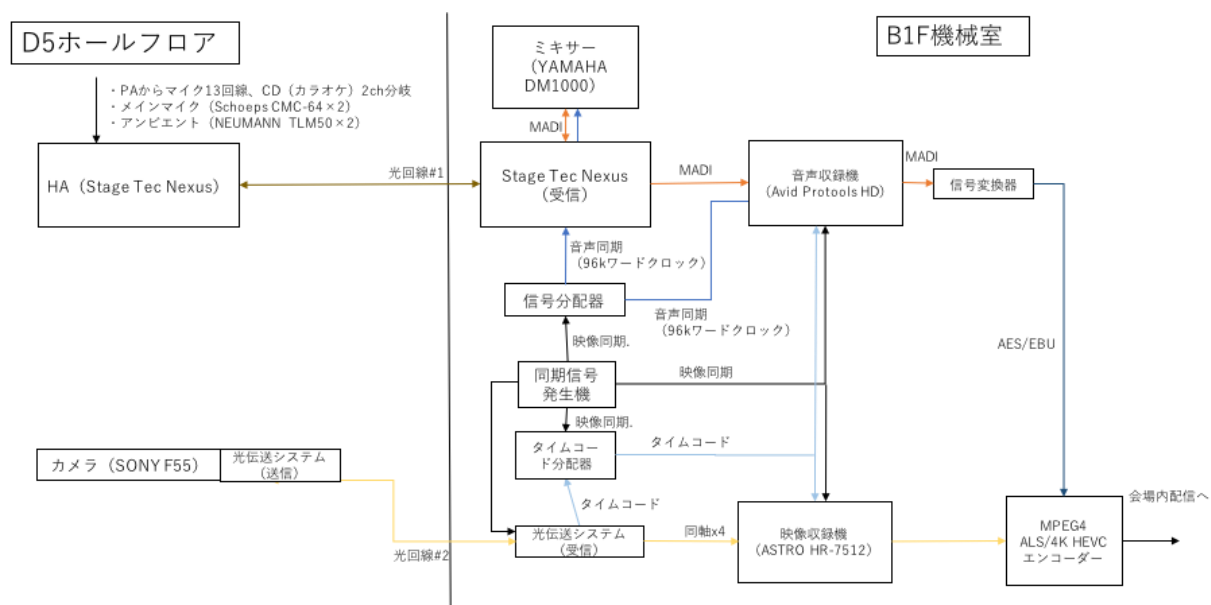


図 3 に 4K ライブ映像・ハイレゾ音声収録系の概略を示します。

図 3. 4K ライブ映像・ハイレゾ音声収録系の概略

3.2. 4K HEVC 映像+MPEG-4 ALS ハイレゾライブ IP 伝送系

本系で 4K HEVC 映像+MPEG-4 ALS ハイレゾライブ IP 伝送を実現しました。映像は会場の 70 インチ TV に映し出しました。96kHz/24bit 音声信号はエンベッダーと呼ばれる装置で 3G-SDI 映像信号に重畳されて、MPEG-4 ALS ハイレゾ対応 4K HEVC エンコーダに入力されます。4K 映像では H.264 より圧縮率の高い HEVC の採用が一般的で、既に数社で 4K HEVC エンコーダが販売されていますが、MPEG-4 ALS ハイレゾ音声に対応したものはこれが世界初です。

エンコーダ出力のストリームは放送等で使用される TS と呼ばれるフォーマットで、LAN で IP 伝送されます。対向するデコーダでは TS から分離、デコードされた映像信号と重畳されたままの音声信号が出力されます。

使用したエンコーダは TS 用の IP 出力が 2 系統ありますが、今回の実験系では出力先が 3 箇所（図 2 参照）になるため、ユニキャストとマルチキャストを併用して、それぞれの配信を問題なく実現できました。

実証実験を通じて今回のシステム構成では 96kHz 音声出力に 2 つの課題があることが分かりました。

- (1) 3G-SDI 信号を入力できるモニタは業務用しかないが、96kHz/24bit 音声の重畳に対応していない。
- (2) 4K TV の HDMI 入力は 96kHz/24bit 音声に対応しているが、3G-SDI 信号を HDMI に変換する市中のコンバータは 96kHz/24bit 音声の重畳に対応しておらず、HDMI 中の音声は 48kHz に変換されたものになってしまう。

そこで OTOTEN では、デコーダ出力の 3G-SDI 信号からデエンベッダーと呼ぶ装置で音声を分離して、それを DAC+ヘッドフォンアンプで再生してハイレゾ音声を体感できるようにしました。

3.3. MPEG-4 ALS ハイレゾライブ MPEG-DASH ストリーミング系

本系はハイレゾライブ音声のみを WiFi でスマホ、LAN で PC 向けに MPEG-DASH でストリーミングするものです。前節で述べた MPEG-4 ALS ハイレゾ対応 4K HEVC エンコーダの TS 出力を MPEG-DASH ライブサーバー（図 2 中 MPEG-DASH Server1）に、音声出力のみを MPEG-DASH に変換してストリーミング出力させる使い方をしています。MPEG-DASH ライブサーバーについては、次節で詳しく述べます。実証実験では、スマホ向けアプリ^[5]と Windows PC アプリそれぞれでハイレゾ再生動作が確認されました。

3.4. 4K HEVC 映像+MPEG-4 ALS ハイレゾライブ MPEG-DASH ストリーミング系

本系は MPEG-4 ALS ハイレゾ対応 4K HEVC エンコーダの TS 出力を MPEG-DASH ライブサーバー（図 2 中 MPEG-DASH Server2）が MPEG-DASH に変換して、日本発世界初の 4K ハイレゾライブストリーミングを実現しました。使用したサーバは Linux ベースの PC です。配信先（クライアント）は 1 箇所、25Mbps 以上のストリーム配信を問題なく実現できました。

本系のクライアントには、OS が Windows10 でグラフィックボードを搭載した PC を用いました。アプリケーションはオープンソースの VLC^[6]で MPEG-DASH をサポートしている Nightly Build 版（開発版）です。4K60P HEVC 映像と 96kHz/24bit/2ch MPEG-4 ALS 音声を安定してデ

コード再生できました。機材の都合で MPEG-DASH を受信する PC は 1 台のみで、再生映像、音声は PC のグラフィックボード出力から会場の 2 箇所計 4 台の 4K 50 インチ TV に光 HDMI ケーブルで分配接続しました。

3.5. 720P H.264 映像+MPEG-4 AAC HLS ライブストリーミング

OTOTEN ライブの様態を来場者のスマホへ配信するために、映像は 4K から 2K に、音声は 96kHz から 48kHz にそれぞれ変換してメディアトランスコーダに入力しています。ここでは一般的な Android あるいは iOS スマホのブラウザでそのまま再生できるように、映像は 720P H.264 に、音声は MPEG-4 AAC に変換して HLS 方式で多重化してストリーミングしています。いずれも現在普及している技術ですが、4K ハイレゾライブイベントを多様な方式で同時配信する一環として実証実験に含めました。会場ではスマホのブラウザ設定に必要な URL が含まれた QR コードを配布しました。

また、本系では WiFi を使用するため、専用のサーバとアクセスポイントを設置して、お客様の良好なストリーム受信を実現できました。

まとめ

オーディオ協会は OTOTEN2017 において、各社のご協力を得て、世界初の 4K ハイレゾライブストリーミング実証実験を企画、実施しました。使用した映像符号化、音声符号化、ストリーミング方式はいずれも国際標準です。これらによって映像コンテンツと合わせた新しいハイレゾライブストリーミングサービスが実現できることが実証されたと言えると思います。

オーディオ協会のイベントに登場したハイレゾ配信の試みは、ハイレゾロゴが制定された 2014 年より前の 2011 年に遡りますが、本 2017 年以降はライブストリーミング方式が加わり、いよいよ実用期、普及期に入ることが期待されます。

謝辞

本実験にご協力いただいた NTT 西日本(株)、NTT-BP(株)、ラディウス(株)、INISOFT Inc. の各社様の多大なご努力に感謝いたします。ライブ演奏の撮像、收音に関してご協力いただいた協会の久保理事(当時 NHK エンジニアリングシステム、現在 NHK 放送技術研究所)及び協会校條会長及び事務局の方々に感謝いたします。デジタルミキサー DM1000VCM をご供出いただいた(株)ヤマハミュージックジャパン様に感謝いたします。また、それぞれのご事情により組織名を明らかにされない多くの方々のご協力も、本実証実験の成功に欠くべからざるものでした。合わせて深謝いたします。

■筆者プロフィール

遠藤 真(えんどう まこと)

1978年千葉大学工学部卒業、同年日本電信電話公社(現NTT)入社。

2005年よりNTTエレクトロニクス株式会社(現職)。

2014年より日本オーディオ協会理事。

地上波デジタル放送用MPEG-2 HDTV符号化LSI開発等で2004年日本産業技術大賞内閣総理大臣賞(団体)、2006年前島賞、2007年文部科学大臣表彰 科学技術賞(開発部門)受賞。

残響制御技術の開発と実用化等で2012年日本オーディオ協会大賞(団体)、2017年前島密賞受賞。

電子情報通信学会情報・システムソサイエティ会員、IEEE Computer Society 会員

金次 保明(かなつぐ やすあき)

1980年関西大学大学院工学研究科博士課程前期修了、同年日本放送協会(NHK)に入局

1995年～1998年ATR人間情報通信研究所

2011年よりNHKエンジニアリングシステム(現職)

NHK技研にて映像処理技術、視覚情報処理の研究開発に従事

映像情報メディア学会会員

■参考文献

[1]遠藤「「ハイレゾ」と放送、通信 ダウンロードからストリーミングへ」JAS Journal 2016 Vol.56 No.1 (1月号) pp.59-pp.63

[2] 遠藤、原田、鎌本、守谷「MPEG-4 オーディオ・ロスレスとストリーミング配信について」JAS Journal 2012 Vol.52 No.1 (1月号) pp.22-pp.29

[3]大石、富米野「ハイレゾストリーミングサービス「PrimeSeat」を支える技術」JAS Journal 2017 Vol.57 No.2 (3月号) pp.34-pp.43

[4]遠藤「変わりつつあるテレビとハイレゾ配信＝その展望と今後」JAS Journal 2017 Vol.57 No.2 (3月号) pp.14-pp.23

[5] ラディウス株式会社「世界初、スマホでハイレゾライブストリーミングが楽しめる！ ハイレゾ対応ライブストリーミングアプリ「NeSTREAM」登場 ～OTOTEN 2017で体験デモを開催～」 <https://www.atpress.ne.jp/news/128264>

[6] <http://www.videolan.org/>