

Japan
Audio
Society

JAS journal

平成 25 年 11 月 1 日発行
通巻 425 号
発行 日本オーディオ協会

2013
Vol.53 No.6

11

- 「オーディオ・ホームシアター展 2013」 見聞記 村瀬 孝矢
- スーパーハイビジョン音響の技術解説と標準化動向 大久保 洋幸
- ヘッドホン再生における音場再生とは 亀川 徹
- ヘッドホン技術動向 投野 耕治
- サイバーフォレスト森林ライブ音配信 斎藤 馨
- 連載『試聴室探訪記』第 20 回
～ 谷口とものり、魅惑のパノラマ写真の世界 ～
東京大学柏キャンパス、自然環境スタジオを訪ねて
谷口 とものり・森 芳久

JAS インフォメーション

- 「オーディオ・ホームシアター展 2013」 終了報告
- 擦弦鍵盤楽器「ヴィオラ・オルガニスタ」演奏会のお知らせ



一般社団法人

日本オーディオ協会



Japan Audio Society JAS journal

(通巻 425 号)

2013 Vol.53 No.6 (11 月号)

発行人：校條 亮治

一般社団法人 日本オーディオ協会

〒108-0074 東京都港区高輪 3-4-13

電話：03-3448-1206 FAX：03-3448-1207

Internet URL

<http://www.jas-audio.or.jp>

C O N T E N T S

- 3. 「オーディオ・ホームシアター展 2013」 見聞記 村瀬 孝矢
- 7. スーパーハイビジョン音響の技術解説と標準化動向 大久保 洋幸
- 12. ヘッドホン再生における音場再生とは 亀川 徹
- 20. ヘッドホン技術動向 投野 耕治
- 24. サイバーフォレスト森林ライブ音配信 斎藤 馨
- 29. 連載『試聴室探訪記』第 20 回
～ 谷口とものり、魅惑のパノラマ写真の世界 ～
東京大学柏キャンパス、自然環境スタジオを訪ねて
谷口 とものり・森 芳久
- JAS インフォメーション
- 31. オーディオ・ホームシアター展 2013」 終了報告
- 32. 擦弦鍵盤楽器「ヴィオラ・オルガニスタ」演奏会のお知らせ

11 月号をお届けするにあたって

お台場の TIME 24 に場所を移して開催された「オーディオ・ホームシアター展 2013」(音展)も無事終了いたしました。速報として今年も村瀬氏の「見聞記」をお届けします。セミナーの充実など新たな取り組みもありましたが、初めての会場ということもあって、運営・内容など反省点も多々あったかと思います。次年度での改善や充実に向け協会一丸となって取り組んで参ります。今月号では、音展での展示もありましたが、次世代映像として話題の「スーパーハイビジョン」の音響技術について NHK 大久保氏に解説していただきました。また音展のセミナーでお話いただいた「ヘッドホン再生における音場再生」について、東京藝術大学の亀川 徹教授からご寄稿いただきました。ヘッドホンによるリスニングがますます重要な地位を占めてくるなか、当協会の技術部会でも再生音響のあるべき姿について議論が進められております。今後のリスニング環境変化への考察を、ソニー投野氏による「ヘッドホン技術動向」の記事とも合わせてお読み下さい。

連載の試聴室探訪記は、東京大学柏キャンパスの「自然環境スタジオ」を訪ねました。ここは東京大学大学院の斎藤 馨教授の研究室に属し、日本各地の森林の音をリアルタイムで配信するという特異な研究活動を進めている施設です。森林のライブ音配信の目的や研究について「サイバーフォレスト森林ライブ音配信」として、斎藤教授にご寄稿いただきました。関連する URL も示されていますので、ぜひご覧いただければと思います。

なお、編集委員を務めてまいりました(株)ディーアンドエムホールディングスの伊藤 昭彦氏が退任し、同社、米田 晋氏に交代いたしました。伊藤氏の長年のご尽力に対し謝意を表します。

☆☆☆ 編集委員 ☆☆☆

(委員長) 君塚 雅憲 (東京藝術大学)

(委員) 穴澤 健明・稲生 眞 ((株) 永田音響設計)・大林 國彦・高松 重治 (アキュフェーズ (株))

春井 正徳 (パナソニック (株))・森 芳久・八重口 能孝 (パイオニア (株))

山崎 芳男 (早稲田大学)・米田 晋 ((株) ディーアンドエムホールディングス)



「オーディオ・ホームシアター展 2013」 見聞記

村瀬 孝矢

- 今年も「オーディオ・ホームシアター展」が開かれた “会場も変わり一新した展示会に”

今年から心機一転、会場を東京「お台場」に移しての開催となった。『タイム 24』というテレコムセンター駅（ゆりかもめ線）直近の便利なところへの移転だ。1 つのビルをほぼ貸し切り状態で使うことで来場者の利便性を改善させたのだ。会期は3日間（10月18～20日、全日無料）としてこれまでどおりである。

この移転によりこの展示会は一新することとなった。いろいろな意味で経費削減策も図られたのだが、コンパクトと凝縮化により密度濃く集中させるという狙いのである。

さて新しい会場を訪れて最初に感じたのは雰囲気の違いである。ビジネス街に設けられたという印象で一般展示会とは異なったちょっと真面目な展示会という印象を受けること。そこでは際立って目立つ看板が用意されることもなく、正面入り口が派手に飾られていることもない。秋葉原会場のときよりずっと真面目になったようである。ただ展示会というのはある意味、一年のお祭りでもあるからもう少し華やかさがあっても良かったとは思った。テレコムセンター駅を降り会場ビルまで辿り着くあいだ誘導員がいるが、ここに幟があったらまた違った雰囲気にできたのではないだろうか。展示会場の入り口の装飾も含め、もう少し気持ちを高ぶらせるような演出があっても良かった。



入口近くの看板

タイム 24 ビルの1階、2階、18階を使用した今回の展示会は、秋葉原で作れたブース集合体とした大きなスペースが取れなかったようだ。そのため各ブースの集合した、いかにも展示会風の演出ができない。この展示ブースがなくなったことが全体の印象づけに効いたと思った。大小会議室の集まったビル構造もあるようだが、もともと華やいだ展示会向けの建物ではないと感じたのである。

もっともオーディオ環境作りの面では悪くはなかったと思う。それぞれ各出展ブースが部屋借り形式で仕切られるため、音の干渉から逃れられるからだ。

各社の試聴室



もっともこれは一部の小部屋や大部屋が独立して使用できた場合である。実際はかなりの大部屋をコマ割りしたブースもある、こちらの環境があまり良くなかった。コマ割りしたブースの仕切り用壁が薄いパーティション式なので音漏れが大きいかったのだ。少なくともこれは対策すべきだった問題点だろうと思う。例えばNHKのスーパーハイビジョンデモルームは昨年より小型化し、しかも部屋の隅に押しやって構築とやや苦勞したあとが見られたのだ。これにより8Kテレビ（85インチ）と22.2chオーディオというA&Vの醍醐味ももう一息が残ったのである。



NHK のスーパーハイビジョンデモルーム

こうした会場変更により環境の制約を受けたところは他にもあった。「音のセミナー」や「ライブレコーディング」など昨年と同様に催されたが、専門ルームから大会議室へ変わったなどである。会議室を使用することにならざるを得なかったための音響対策に工夫を要することとなったこと。入念に徹底すべき処置であるがその対策はやや中途半端のように見受けられた。生録など音量の大きくなりがちで催しでは効果に影響すると思われるからもっと丁寧な取り組みを要するのではないだろうか。

さて、今回の会場移転により、出展側の変化もあったもようである。新たに出展したところ、止めたところと出入りがあったようだ。ちなみに出展社数は 70 社・団体と発表されている。出入りの数はほぼ同数となり出展数の変化は少なかったようである（見送ったところではカーオーディオ、専門誌らの一部）。

このように新しい会場に移って初めての会ということなので、いろいろな不都合さや疑問が見つかることは致し方ないだろう。次回はこうした経験を踏まえ、改善点を改善として、もっとよりよい展示会へとつなげて行けば良いのではないだろうか。

● 「ハイレゾ」オーディオが活況を見せる

それでも会場は新たな動きがあり熱気が満ちていた。それが「ハイレゾ」オーディオの台頭である。音楽ソフトのハイレゾリフレッシュ化により CD を越える良質なオーディオ環境が手に入ると、オーディオファンの関心を集めている。PC オーディオや

ネットオーディオとして先に普及のきざしは見ていたが、ここにきてソニーが「ハイレゾリフレッシュオーディオ」機器を一気に投入することを発表、その具体的なモデルを会場で確認できると、これが大きかったようだ。彼らはポータブルオーディオからコンポーネント、システムコンポ、さらにヘッドホンに至るまでハイレゾ対応したのである。また同時にハイレゾ音楽配信サービスのコンテンツも充実させ、本腰を入れて取り組むことを表明しこれをファンが歓迎した。そのソニーは 18 階の専用ブースを設けハイレゾとホームシアターの兼用の試聴会を行い、満員の盛況ぶりだった。



ソニーのハイレゾオーディオ機器



ソニーブース：ハイレゾ试听室

この流れを受けてハイレゾ陣営でもないが、PC & ネットオーディオ機器メーカーの「合同展示コーナー」、そして「オーディオセミナー」、さらに「音のサロン」でのハイレゾ説明&試聴会らが盛況で、ファンの新しい音源ソースへの関心が高いことを伺わせた。

合同展示コーナーは 1 階の HALL2 に設けられていたが、協会テーマコーナー「ネットワークオーディオ」に 18 社も参加するなど盛況であった。それに関連するコンポとして「ヘッドホン/イヤホン」コーナーが隣に設けられ、ここに参加するメーカーも昨年より増えて 16 社となり、相乗効果を上げていた。どちらも熱心な方が立ち寄り繰り返し質問な

どされていて関心の高さを感じた。そしてセミナーも専門誌や協会の両者で行うなど、オーディオファンサービスもしっかり根付いて良かった



協会テーマコーナー

ヘッドホン・ネットワークオーディオ



ヘッドホンを試聴
する見学者

ネットワークオーディオ
を試聴する見学者

ついでハイレゾの類いでは「BD オーディオ」も、そのハイレゾリ解対応と言うことで大々的にアピールしていたのが印象的だった。ハイレゾをパッケージングにして手元に届ける、という考えの音楽ソフトだが、BD オーディオグループ合同でブースを設けたほか、セミナーも積極的に行い、新しい音の良いソフト環境をアピールし認めてもらっていた。ちなみにこのBD オーディオディスクの再生はCD と同じようにプレーヤーで行えるため、ネット接続などといった手間を掛けずオーディオ環境の中に取り込めるのが特徴である。そのプレーヤー、現在はBD レコーダーが一般的で、オーディオ出力はHDMI 端子から取り出す仕組みである。



Promotion group for Blu-ray Disc
for Audio のデモルーム

● 好評な「音のサロン」も健在ぶりを発揮

オーディオファンが楽しみにする催しものの1つが「音のサロン」である。展示会ならではの貴重な音の体験会で、昨年もこの催しものへの人気も高く、熱心に聴き入るファンで埋め尽されたものだ。今回も会場を変えたもののこの勢いが引き継がれていた。席数は約 64 名ほどと規模が少し縮小したものの、つねに満席状態という盛況ぶりに変わりはない。注目のオーディオブランドモデルを使ってシステムアップした再生音がここで確認できるほか、女性ボーカル、ジャズソフトの体験会、モノラルレコード体験会、最新スピーカー聴き比べ、最新 PC オーディオ聴き比べなど、1日4回の催しである。



大盛況の音のサロン

そしてこの展示会恒例ともなっている最終日の日曜イベント「生録会」(レコーディング体験会)も行われた。ビギナーの方大歓迎と称して開かれているが、デジタルレコーダーメーカー5社協賛で行われるオーディオファンも待ち望むイベントの1つである。今回は会場(HALL1)が変わったので音響的な面の不安が伴うが、「弦楽四重奏」(カルテット・クローデル)の生演奏をデジタル録音できるため参加希望者も多い。



HALL 1 での生録会

なお、今回はこの日曜日に「生演奏会」をふんだんに用意したのが注目される。会場は2階の研修室201と生録会と異なった場所であったが、音楽好きなオーディオファンが詰め掛けて人気となっていた。これは前回までなかった催しもので新たな取り組みとして歓迎されよう。



研修室 201 でのコンサート

もう一つの恒例行事は「工作教室」、これは親子向けオーディオ工作教室である。今回も「ファイナルオーディオイヤホン」の組み立て会が行われた。定員に制限があるものの、申し込み者も早い段階で埋まるという人気イベントの一つである。場所は正面入り口1階という一等地、しかも明るい会場で教室を盛り上げていた。



アトリウムで開催された工作教室

なお、こうした新しい取り組みなどを始めた陰で消えたものも実はある、それがホームシアター体験会。秋葉原の前回までは専用ルームで開かれてきたが、今回はその専用ルームの確保が難しかったのか用意されなかった。その意味では、ホームシアター関連の出展などは後退したと受け取れよう。今回スクリーンを張ってホームシアターデモを行ったメーカーはソニーとヤマハなどとなってしまった。

● まとめ

新しい会場「お台場」に変わった最初の「オーディオ・ホームシアター展」であった。「ゆりかもめ」で行かないといけないといった少し不便が残るものの、コンパクト化した会場で秋葉原のように建物間の移動と言ったことがなく来場者の利便性は良くなった。しかし、全体からは華やかさのある展示会という雰囲気からはやや遠のき、単なるオーディオイベントといった印象になったのも事実である。展示ブースが一同に集まった賑やかな会場がないが、こうしたお祭りの場を盛り上げる演出と言った配慮があっても良いように感じた。次回は何とかして設けたいものである。

また高齢化してきているオーディオファン層でもあるが、だからこそ新しいデジタルオーディオ「ハイレゾ」がその壁を突き破ってくれると確信するし、期待する。この新しい音源がコンパクトなオーディオシステムでも豊かな音の世界を作り出し、ヘッドホン／イヤホンファンやポータブルオーディオファンらを、オーディオの楽しみに目覚めさせいざなってくれるのではないのだろうか。

今回はある意味ハイレゾ一色になっていた、と言っても言い過ぎではないだろう。そう言う意味では展示会テーマをもっと積極的に掲げ、「呼び込み」を徹底しても良かったと思っている。必要なのはちょっとした気配り、もてなしの気構えではないだろうか。

スーパーハイビジョン音響の技術解説と標準化動向

日本放送協会 放送技術研究所 テレビ方式研究部

大久保 洋幸

1. はじめに

現在、NHK は、ハイビジョンの 16 倍の解像度を持つ超高精細映像と 22.2 マルチチャンネル音響からなるスーパーハイビジョン(8K)の 2016 年の試験放送を目指して、機器の開発と標準化を進めている。スーパーハイビジョンの音響方式は、あらゆる方向からの音の到来を可能にする、広視野・大画面の映像に対応した 22.2 マルチチャンネル音響方式を採用している。本稿では、このスーパーハイビジョン音響方式の概要と関連する標準化の動向を解説する。

2. スーパーハイビジョン音響方式

スーパーハイビジョンの映像は、現行のハイビジョンの 16 倍となる 7680×4320 画素の解像度を持つ。ハイビジョンの視距離が $3H$ (H は画面の高さ)であるのに対し、スーパーハイビジョンでは $0.75H$ まで近づいても視力 1.0 の人が画素構造を検知できないとされている。この時、視角(画面を見込む水平角)は 100 度に達する。画角と臨場感の関係を調べる評価実験から、臨場感は視角を大きくすることによって増大し、80~100 度で飽和することが分かっており、視角が 100 度であるスーパーハイビジョンは究極の 2 次元映像であるといえる。

このような広視野・大画面での視聴環境では映像と音像の方向を一致させることが重要であり、次世代の高臨場感放送にふさわしいマルチチャンネル音響方式の要求条件を以下のように設定した。

- (1) 画面上の任意の位置に音像が定位可能なこと
- (2) 視聴位置を取り囲む全方向から来る音が再現可能なこと
- (3) 自然で高品質な 3 次元音響空間が再現可能なこと
- (4) 広い聴取エリアで高品質な音響を聴取できること
- (5) 既存のマルチチャンネル音響方式との互換性を有すること
- (6) ライブ収録および生放送に対応できること

これまでの評価実験から、水平方向で音像を良好に定位させるためには、スピーカの間隔を 60 度以下にすること、音に包み込まれる感じを与えるためには、スピーカの間隔を 45~60 度以下にする必要があることがわかっている[1]。垂直方向についても、音像を良好に与えるためにはスピーカの間隔を 45~60 度以下にする必要があることがわかった[2] (図 1、要件の(1)~(3)に対応)。これらの結果に基づいて上層(9ch)、中層(10ch)、下層(3ch)の 3 層構造の広帯域のチャンネルに加え、2ch の LFE (Low Frequency Effect: 低域効果チャンネル)を合わせた 22.2 チャンネルの配置を採用した(図 2)。また、音像定位および包み込まれ感についての評価実験において、この方式は、5 つのスピーカでの再生に比べて良好な聴取エリアが広がることがわかった[3] (要件(4)に対応)。

スーパーハイビジョン音響方式では、中層のチャンネルで最も主要な音源を再生する。既存の 5.1、6.1、7.1 チャンネル音響方式等の主要なチャンネルは中層にあるので、既存のマルチチャンネル音響方式で制作した音響コンテンツをスーパーハイビジョン音響方式で再生することは容易である。一方、スーパーハイビジョン音響方式で制作されたコンテンツを 5.1 チャンネル音響方式で再生する場合には、ARIB 規格 B32 で規定されたダウンミックス係数を用いることで変換が可能である。現時点で 6.1、7.1 チャンネル方式へのダウンミックスの規定はないが、技術的には変換が可能であり、再生が可能である（要件の(5)に対応）。

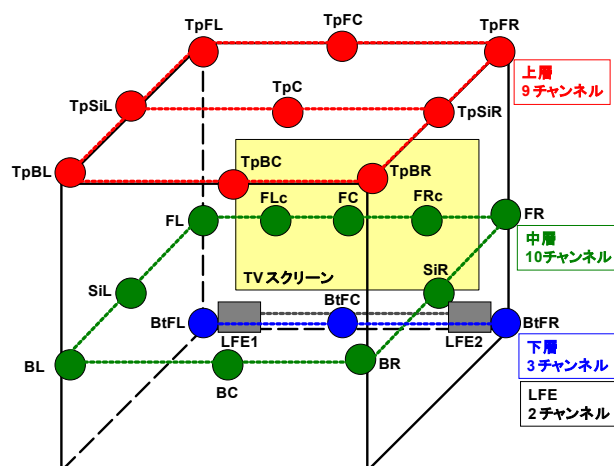
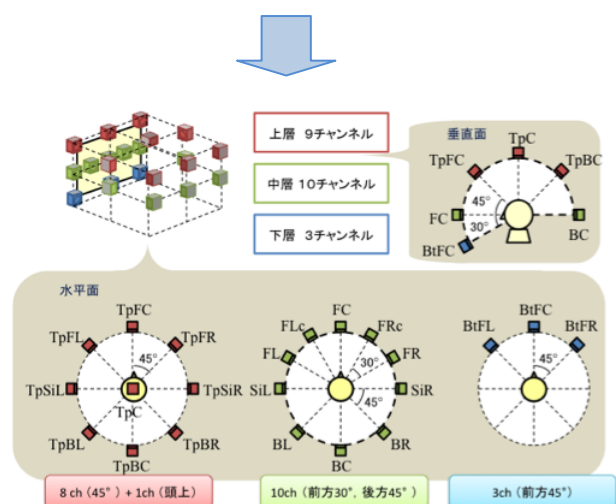
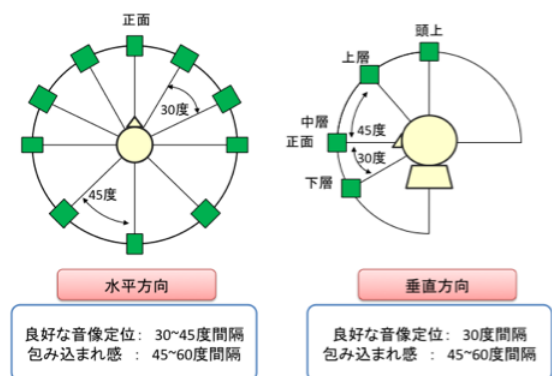


図 2 スーパーハイビジョン音響のチャンネル配置

図 1 スーパーハイビジョン音響のスピーカ配置

3. スーパーハイビジョン音響の制作機材の開発

スーパーハイビジョンの番組を効率的に制作するために、制作機器を小型化する必要がある上に、收音環境や再生環境の整備、膨大な時間がかかるポストプロ作業の効率化が課題である。この課題を解決すべく、スーパーハイビジョン音響がワンポイントで収録できるマイクロホン、中継現場でスーパーハイビジョン音響を容易に再生するためのヘッドホンプロセッサ、可搬型録音再生機、スーパーハイビジョン音響に対応した残響付加装置等を開発している。さらに、ミキシング卓には 22 方向の音像定位を簡便に設定できる 3 次元パンニング機能を実装し、制作時間の短縮を実現した（図 3）。これらを用いて、2012 年 8 月にロンドンで開催されたオリンピックの開

会式、陸上、水泳、バスケット等の競技の模様を収録し、ハイライト部分を編集して、即日、イギリス国内3ヶ所と、アメリカ1ヶ所と日本国内3ヶ所に伝送し、各地でパブリックビューイングイベントを実施した。一部の競技については生中継を行った（要件(6)に対応）。さらに機器の小型化や、制作技術の高度化を進めていく。



図3 スーパーハイビジョン音響の制作機材

4. スーパーハイビジョン音響の家庭再生技術

家庭においては、多数のスピーカを設置することが困難であることが多く、スピーカ等の機器を小型すること、より少ない数のスピーカを用いてスーパーハイビジョン音響の臨場感を再現する手法の検討が重要となる。機器の小型化については、トールボーイ型スピーカを展示で用いたり（図4）、薄型軽量スピーカの研究、開発[4]を進めている。より少ない数のスピーカで再生する手法としては、VBAP（Vector Base Amplitude Panning）法によって少数のスピーカを用いて24個のスピーカを設置した状態を再現する手法を検討している[5]。また、番組制作用に開発したヘッドホンプロセッサの技術を応用したヘッドホンでの簡易再生も検討しており、ここでは、受聴者個人に依存した特性を持つ頭部伝達関数に適用させた再生手法の開発が課題である[6]。さらに、画面を取り囲むディスプレイ体型のスピーカでスーパーハイビジョン音響の空間印象を保ちながら簡便に再生する手法の開発も進めており（図5）、スピーカの設置が困難な家庭に有効な手法として考えている[7]。

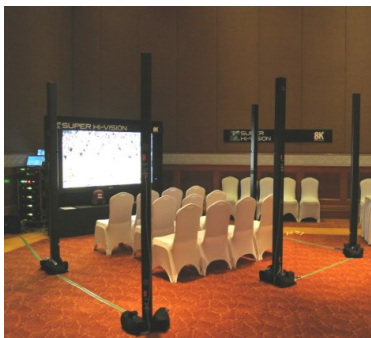


図4 トールボーイ型スピーカの展示例

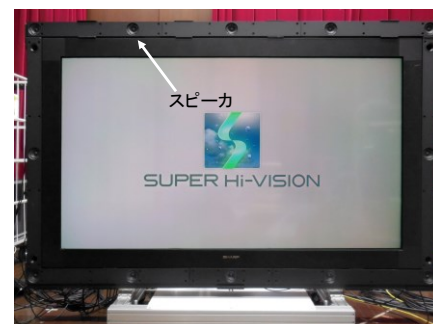


図5 ディスプレイ体型スピーカシステム

5. スーパーハイビジョン音響に関する標準化動向

スーパーハイビジョン音響の実用化においては、標準化作業を通じて国内外の放送事業者、メーカー、研究機関と協調しながら技術開発を進めることが重要である。以下に各標準化組織における標準化の現状を述べる。

ITU-R (International Telecommunication Union – Radio communication Sector : 国際電気通信連合無線通信部門) は、電波を利用した放送等に関連した技術の標準化を行っている。ここでは、既にスーパーハイビジョンの映像フォーマットについての勧告が成立している (ITU-R Rec. BT.2020)。音響についても、5.1 チャンネルが勧告 BS.775 に続き、スーパーハイビジョン音響方式を含めたマルチチャンネル音響方式に関するレポート BS.2159、5.1 チャンネルを超えるマルチチャンネル音響に求められる要求条件をまとめた勧告 BS.1909 が成立しており、これらを基に 5.1 チャンネルを超えるマルチチャンネル音響のスタジオ規格の早期の勧告化を目指している。2013 年の ABU (Asia-Pacific Broadcasting Union : アジア太平洋放送連合) の会合において、22.2 マルチチャンネル音響を含む 5.1 チャンネルを超えるマルチチャンネル音響の勧告が成立した。

SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers : 米国映画テレビ技術者協会) は、映画、およびテレビジョンに関連した技術の標準化を行っており、ここでも規格 ST2036-1-2013 「UHDTV-番組制作用映像パラメータ」の中でスーパーハイビジョンの映像方式が規定され、音響方式は ST2036-2-2008 で、スーパーハイビジョン音響方式が規定されている。

MPEG (Moving Picture Expert Group : 動画専門家集団) は、映像、音響の圧縮技術の標準化を行う ISO/IEC のワーキンググループ (JTC/SC29) である。2013 年の 7 月の会合では、MPEG4 のスーパーハイビジョン音響を規定する項目が入った。

IEC (International Electrotechnical Commission : 国際電気標準会議) は民生機器に関する標準化を行う団体である。この中の TC100 という作業グループでは、スーパーハイビジョン音響方式を家庭で再生するための民生用デジタルオーディオインターフェースの検討を行っている。そのために、22.2 マルチチャンネル音響を含むマルチチャンネル音響方式のチャンネルマッピングの規格 (IEC62574) を標準化した。

スーパーハイビジョン音響と直接の関連はないが、実用化に向けて重要な標準化もある。その一つは、プロフェッショナルオーディオに関する標準化を行う AES (Audio Engineering Society : 米国オーディオ技術協会) において、多チャンネル (64 チャンネル) のデジタルオーディオ信号を 75 Ω の同軸ケーブル 1 本で伝送する MADI (Multichannel Audio Digital Interface) を利用することを盛り込んだ規格 AES10-2008 が発行されたことである。また、NHK 技研は、欧州の放送に関わる標準化を行っている EBU (European Broadcasting Union : ヨーロッパ放送連合) のプロジェクトに参加し、スーパーハイビジョン音響方式に関連する可能性のある BWF (Broadcast Wave Format) 等の標準化に貢献している。

国内においては、ARIB (Association of Radio Industries and Businesses : (社) 電波産業会) で、スーパーハイビジョン音響方式を用いた放送を実現するための標準化活動を行っている。すでに、総務省令第 26 号「標準テレビジョン放送のうちデジタル放送に関する送信の標準方式」の 2003 年の改訂に伴い、「高度 BS デジタル放送および高度広帯域 CS デジタル放送における

最大入力音声チャンネル数は、22 チャンネルおよび低域を強調する 2 チャンネルとする」という規定を追加し、これに対応して、ARIB 規格 STD-B32 の改訂を行い、「最大 22.2 チャンネルのマルチチャンネル音声モードに対応した MPEG2-AAC 音声符号化方式規定」の追加を行った。

2016 年のスーパーハイビジョンの試験放送を目指し、今後も引き続き、関連する規格の策定、運用規定の策定を進めていく。

6. おわりに

広視野・大画面の超高精細映像に対応し、あらゆる方向から到来する音を再現できるスーパーハイビジョン音響方式の概要と関連する標準化の動向について述べた。今後も引き続き、実用化に向けた機器開発と標準化作業を進めていく。これと並行して、スーパーハイビジョンの魅力を国内外の多くの方々に知っていただくために、技研公開等の様々な機会をとらえてスーパーハイビジョンの普及、展開活動を進めていく。2016 年のスーパーハイビジョンの試験放送により、8K の超高精細映像とスーパーハイビジョン音響方式による高臨場感音声サービスが実現することになる。さらに 2020 年には、東京オリンピックの開催も決まり、ここでは、多くの視聴者がオリンピック競技を臨場感たっぷりの映像と音響で楽しめるようになることを期待したい。

参考文献

- [1] K. Hiyama et al., "The minimum number of loudspeakers and its arrangement for reproducing the spatial impression of diffuse sound field," AES 113th Convention, Convention Paper 5674 (2002).
- [2] 大出ほか, 「垂直方向に配置したスピーカによる空間的な音のつながりに関する検討」, 日音講論集, 3-P-54, 2011 年 3 月 (2011)
- [3] 澤谷ほか, 「マルチチャンネル音響のスピーカ配置によるリスニングエリアの形状」, 日音講論集, 3-Q-2, 2012 年 3 月 (2012)
- [4] T. Sugimoto, et. al., "A lightweight push-pull acoustic transducer composed of a pair of dielectric elastomer films," Journal of the Acoustical Society of America, vol.134, no.5, 2013, p.EL432-EL437 (2013)
- [5] A.Ando, "Conversion of Multichannel Sound Signal Maintaining Physical Properties of Sound in Reproduced Sound Field," IEEE Trans. Audio, Speech and Language Proc., Vol. 19, No.6, pp.1467-1475 (2011)
- [6] 中山 ほか, 「22.2 マルチチャンネル音響のヘッドホン受聴のための HRTF カテゴリー分析について」, 日音講論集, 2-Q-b21, 2012 年 9 月 (2012)
- [7] K. Matsui, A. Ando, "Binaural Reproduction of 22.2 Multichannel Sound with Loudspeaker Array Frame," AES 135th Convention, Convention Paper 8954 (2013)

筆者プロフィール

大久保 洋幸 (おおくぼ ひろゆき)

1992 年明治大学修士課程修了、同年 NHK 入局。放送技術研究所に勤務し、音場再生、音場シミュレーション、室内音響計測、スーパーハイビジョン音響に関する研究に従事。日本音響学会学術奨励賞、日本 ITU 協会賞 国際活動奨励賞を受賞。日本音響学会、映像情報メディア学会、日本建築学会、日本バーチャルリアリティ学会、米国音響学会、AES 会員。

ヘッドホン再生における音場再生とは

東京藝術大学

亀川 徹

1. はじめに

iPod に代表される携帯音楽プレーヤーや iPhone などのスマートホンの普及により、街中でヘッドホンやイヤホンで音楽を聞く人々の姿はすっかり日常の風景となった。いつでもどこでも手軽に音楽を聞く事ができるヘッドホンやイヤホンは、現代人の必需品といっても過言ではないかもしれない。そんな中でも若者達にとって、ヘッドホンやイヤホンはファッションの一部であり、見掛けのカッコよさだけでなく、最近では音の良さについても大きな関心が寄せられている。しかし一方で、これだけ普段聞かれている音楽のほとんどは、ヘッドホンではなく、スピーカーで聴く事を前提に作られているのである。スピーカーで聴く場合と、ヘッドホンで聴く場合にどのような違いがあるのか、ほとんどの人はそういった違いには無頓着で聞いている。また音楽制作の現場においても、これだけヘッドホンで聞かれているにも関わらず、ヘッドホンでの聞こえ方を意識して作られている音源はそれほど多くは無い。本稿では、ヘッドホンとスピーカーの聞こえ方の違いについて考察し、ヘッドホン再生のための音楽制作のあり方について考えて行きたい。

2. ヘッドホン再生とスピーカー再生の違い

2 台のスピーカーから同じ音を再生してそれぞれのスピーカーから等距離の位置で聞くと、音は 2 台のスピーカーそれぞれからではなく、2 台のスピーカーの丁度真ん中に音源があるかのように聞こえる。オーディオを楽しむ人から考えると当たり前のような話だが、そもそも正面にスピーカーが無いのにも関わらず、どうしてそのように感じるのだろうか？

それは人間が生まれてから音を出す物が自分の正面にある時に、自分の両耳には同じ時間のタイミングでかつ同じ大きさで到達することを学習するからであると考えられている。これは両目でもものを見る立体視においても言える事で、小さい子供に 3D 映像を見せる事は、立体視が確立する事の妨げになるので避けるべきというようにも言われている。両目による立体視と、両耳による立体音像の形成は、手足を使って自分の身の周りの空間を認知しながら確立していくのである。

2 台のスピーカーの真ん中に音源があるように感じる事を「音像が定位する」という言い方をする。「音像」つまり我々の脳が想像した像＝イメージが、あたかもそこにあるかのような錯覚として聞こえるのである。一方ヘッドホンを着けて同じように左右の耳に同じ信号を聞くと、音は目の前に定位せずに、頭の上、人によっては後ろから聞こえているように感じる。これは、左右の耳に同じ音量、同じタイミングで到達する音は、前方からだけではなく頭上、後方など頭を中心をとる面（これを正中面と呼ぶ）上の音源すべてに共通しており、我々が普段音を聞いている時に、無意識に頭を動かすことで、左右の耳に入る音の違いを聞く事で前後の判断をおこなっていると考えられている。つまり右耳を前側に動かした場合に右耳に入る音が大きくなれば前方、

小さくなれば後方、同じであれば頭上と判断する。ヘッドホンで聞いた場合は、頭を動かしても左右の耳に入る音の変化が起きないため、音源が頭上にあると感ずるのである。

ヘッドホンとスピーカーとの聞こえ方のもうひとつの違いは、ヘッドホンで聞く場合は左右のチャンネルの信号は、左右の耳それぞれに直接入るのに対し、スピーカーで聞く場合には左チャンネルの信号は左耳だけではなく右耳にも入っており、同様に右チャンネルの信号も右耳だけでなく反対側の左耳にも入る事によって、聞こえる定位や広がり感が違ってくる。

本稿では、このようなヘッドホン再生とスピーカー再生の違いを検討し、ヘッドホン再生のための録音方法や制作手法について検討する。

3. ヘッドホンとスピーカーの比較聴感実験

前項で述べたヘッドホンとスピーカーの聞こえ方の違いを調べるために、以下の4種類の聴取実験をおこなった。

- (1) スピーカーから再生された音の定位と同じ位置になるようにヘッドホンの定位を調整する
- (2) スピーカーから再生された音の広がり感と同じようになるようにヘッドホンの広がり感を調整する
- (3) ヘッドホンから再生された音の定位と同じ位置になるようにスピーカーの定位を調整する
- (4) ヘッドホンから再生された音の広がり感と同じようになるようにスピーカーの広がり感を調整する

実験はインタラクティブ・メディア・アプリケーションMAX6を用いて図2のような操作画面を作成し、ヘッドホン再生とスピーカー再生をスイッチで切り替え、ボリュームコントロールを用いて定位や広がり感をコントロールできるようにした。実験に用いた素材は200msの長さのピンクノイズを1秒間隔で繰り返し再生し、実験参加者が調整を終えるまで何度でも聞けるようにした。スピーカーは

Genelec8050Aを4台用いて、通常のステレオ聴取である開き角60度の位置に加えて実験参加者の真横に設置した(図3)。ヘッドホンはオープンタイプのもの(Sony MDR F-1)を用いてヘッドンを装着しながらでもスピーカーの音が聞こえるようにした。

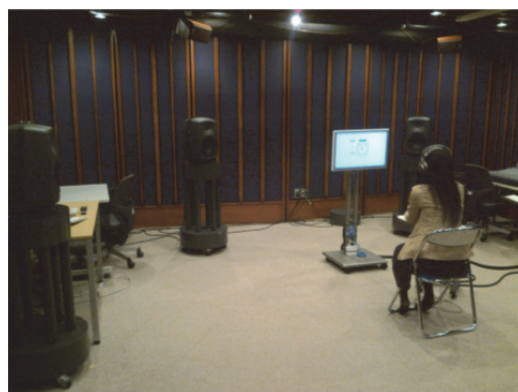


図 1. 聴感実験の様子

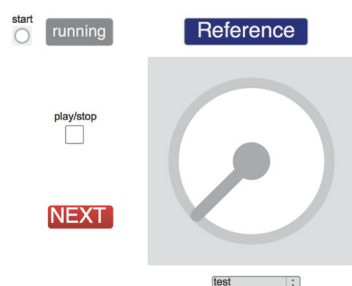


図 2. 実験で用いた操作画面の例

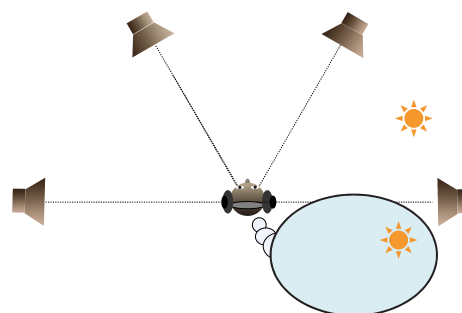


図 3. 実験で用いたスピーカー配置

実験は東京芸術大学千住キャンパスの音響制作スタジオでおこなった。実験参加者は 15 名。実験結果を図 4,5 に示す。図中で -9 が左チャンネルのみ、+9 が右チャンネルのみに信号を送った場合で、その間はコサインカーブになるように左右のチャンネルのレベルを調整した。

実験結果より、ヘッドホンによる聴取は、スピーカー再生の場合と比べて、定位、広がり感ともに広がる傾向にある。また逆にスピーカーによる聴取は、ヘッドホンと比べて定位、広がり感共に狭く感じている事が示された。また実験後の実験参加者からのコメントでは、スピーカーと比べてヘッドホンの場合の定位はわかりにくい、特に中央の場合頭の上や後方に感じるという意見が聞かれた。

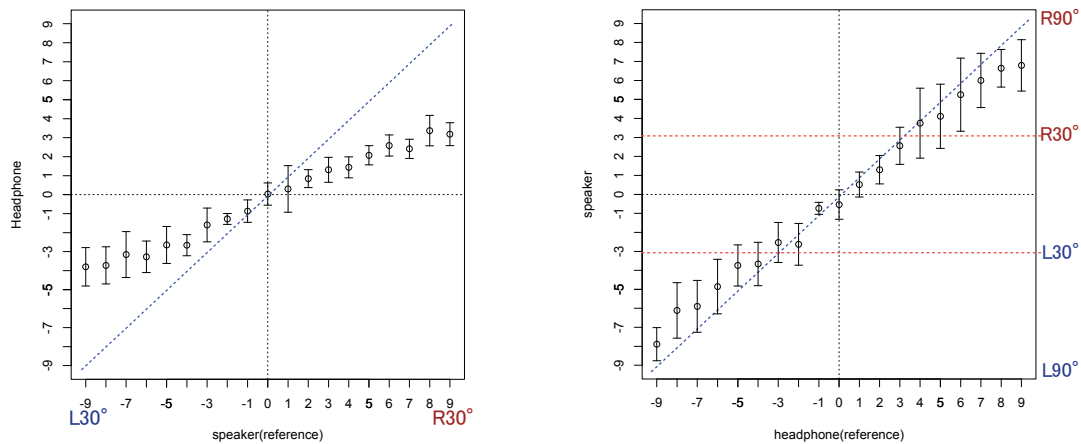


図 4. 定位の比較実験の結果。左がスピーカーを基準（横軸）にヘッドホンの定位を回答（縦軸）したもので、右がヘッドホンを基準にスピーカーの定位を回答した結果。縦棒は 95%信頼区間を示す。

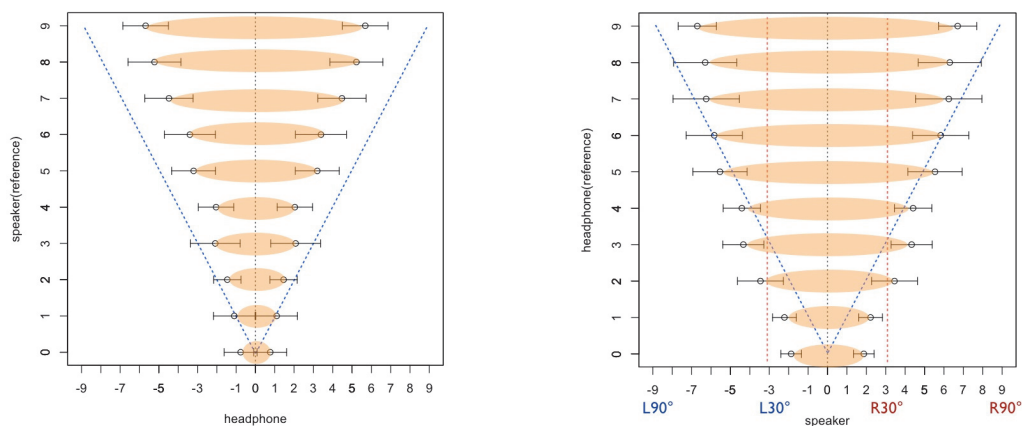


図 5 広がり感の比較実験の結果。左がスピーカーを基準にヘッドホンでの広がり感を回答したもので、右がヘッドホンを基準にスピーカーの広がり感を回答した結果。

4. ダミーヘッド

前章の実験結果のとおり、ヘッドホンとスピーカーでは、同じ音源を聞いても、定位や広がり感が異なる事がわかった。つまりスピーカー再生のために作成された音源をヘッドホンで聴く場合、その印象は大きく異なってくるといえる。それではヘッドホン聴取に合わせて音源を作成するにはどうすれば良いのであろうか？

ヘッドホンのための制作手法として良く知られているのが「ダミーヘッド」収録である。ダミーヘッドとは、人間の頭の形を模したマネキンで、耳の部分にマイクロホンが装着されており、人間が両耳で聞いている音を収録できるシステムである。頭部だけでなく胸部も備えた B&K 社の 4128C HATS (Head and Torso Simulators) が良く用いられている。ダミーヘッドで収録した音をヘッドホンで聴取すると、実際に聞いている音に近い音が再現できる。ただし、このようなダミーヘッド

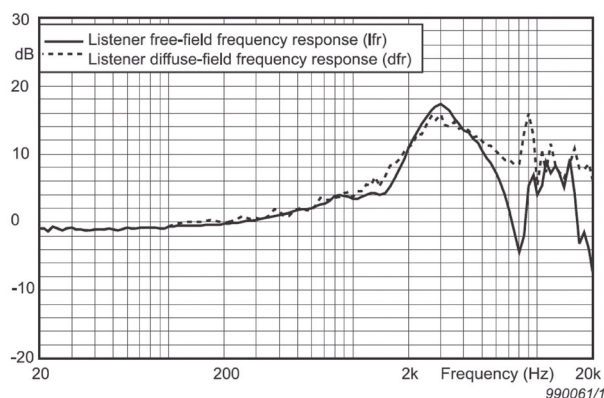


図 6. ダミーヘッドの周波数特性

は、鼓膜の近傍にマイクロホンがあるため、通常の耳介の部分で再生されるヘッドホンでは、外耳道を通る場合の周波数特性（図 6）を差し引いた特性にする必要がある。

またダミーヘッドは、平均的な大人の頭部を模倣したもので（しかも西欧人の平均がモデルとなっているため、日本人と比べると小さいと言われている）、個人個人の頭部の特性とは微妙に異なる。実際に自分自身の耳に小型マイクロホンを仕込んで収録することで、この問題はかなり解決できるが、これでは不特定多数の人に聞いてもらえるようなコンテンツを作る事はできない。

5. HRTF

個人個人によって、頭部や胸部、耳の形状が異なる事を考慮すると、ダミーヘッドで収録する音の限界もあると考えられる。そこで個人個人の頭部の状態をカスタマイズする方法として HRTF (Head Related Transfer Function) を求める方法がある。個人個人の HRTF は、スピーカーから測定用の信号（スイープサイン音など）を出して、それを実際の耳の穴の近くにセットした小型マイクロホンで収録することでインパルス応答を求める事ができる。しかし厳密に測定するためには、無響室のような特殊な環境が必要であるため現実的ではない。

HRTF をなるべく汎用性のあるものにする研究は、数多くおこなわれているが、その中でも頭部をシンプルな球と仮定してモデル化する方法 (Duda1998) を検討してみた。収録したマイクごとにそれぞれの位置（聴取位置からの距離、角度）を入力し、図 7 のような左右の耳の簡易 HRTF フィルターを生成し、それをそれぞれの素材ごとに畳み込み処理した。そうやって作成した素材を、ヘッドホンを聞きながらバランスを調整してミックスするという手法を試みた。3 章で報告した実験のように、従来のスピーカーを用いてミキシングしたものは、ヘッドホンで聞いた場合に左右に広がりすぎたり、前方の定位が曖昧になるが、この方法を用いることでヘッドホン特有の頭内定位がある程度解消される。また前述のダミーヘッド収録で問題となる、「後から

バランスをとる」といった事も可能になる。一方、この手法を効果的にするためには、素材を録音した際のマイクと音源の位置関係が重要な要素となってくる。またここで用いている HRTF はあくまでも簡易的なものであり、どの程度一般的に効果があるかについては検証が必要であろう。

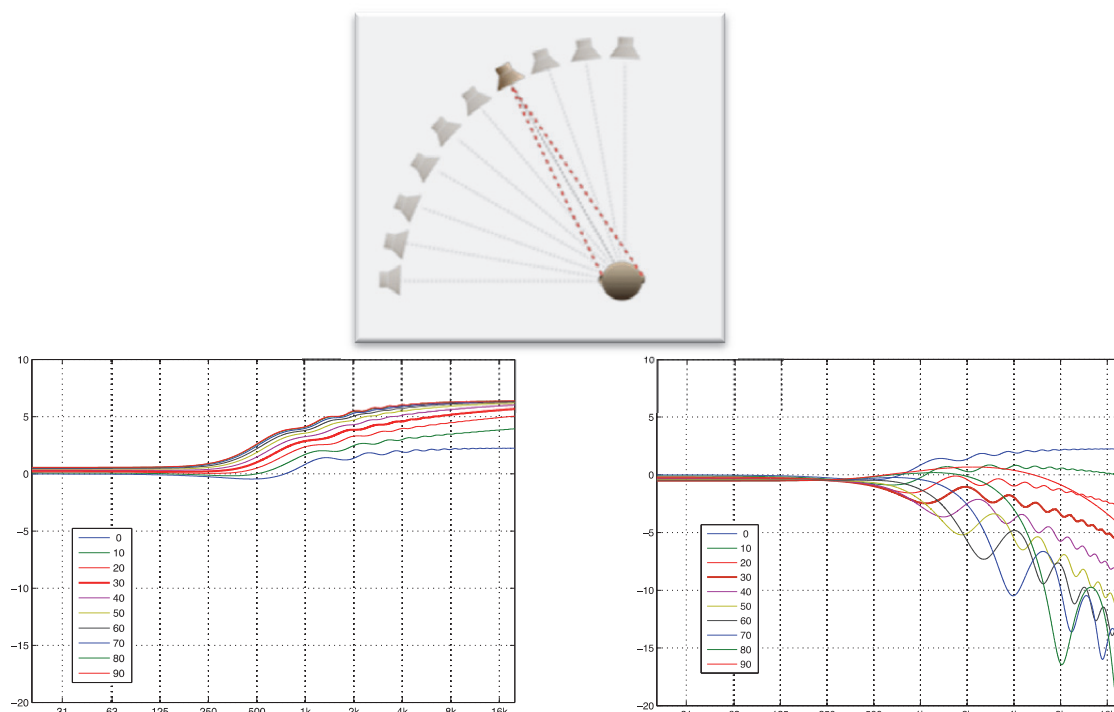


図 7. 頭部を直径 17cm の球として、距離 2m の位置にある音源を仮定した場合の左側の耳の周波数特性（左図）と右耳の周波数特性（右図）。(Duda1998)

6. 実際の作品制作の例

スピーカーのために作られた音と、実際にダミーヘッドで収録した音とはどのような違いがあるのでしょうか？ 比較のために、通常のスピーカー聴取を前提した録音と、ダミーヘッドを用いて演奏会場で収録したものとを試聴できるような音源を以下のサイトに、また、スマートフォンやタブレットの方のために、QR コードを用意した。(事務局からのお知らせ：著作権処理の関係から現在ストリーミング配信を停止しております。ご了承ください。)

http://www.jas-audio.or.jp/journal-data/201311/1311_01.html

試聴音源は以下のとおり。

- (1) スメタナ作曲 弦楽四重奏「アメリカ」より第 1 楽章 (演奏：Quartette Soleil (クアルテット ソレイユ))：通常ミックスバージョン
- (2) 「アメリカ」：ダミーヘッド収録バージョン
- (3) 「アメリカ」：簡易 HRTF 制作バージョン
- (4) 作詞：新居昭乃、作曲：新居昭乃・保刈久明 編曲：保刈久明「スプートニク」(演奏：小田朋美・ピアノ・ボーカル、田中教順・ドラムス)：通常ミックスバージョン
- (5) 「スプートニク」：ダミーヘッド収録バージョン



図 8 に「アメリカ」の収録時のマイクセッティングを示す。また制作者（著者）がスピーカーでのミキシング時にイメージした音像についても図 9 に図示する。ここでは、スタジオ内での演奏をメインマイク中心にとらえて、音像の輪郭を出すために楽器ごとのオンマイクを少し足している。ダミーヘッドに関しては、弦楽四重奏の前方に比較的近い位置にセットしたので、左右に配置された第 1 バイオリン、第 2 バイオリンの位置が明確に感じられる。また HRTF ミックスについては、スピーカー用に作成された通常のミックスをヘッドホンで聞いた場合に感じる定位の不自然さは解消されているのではないだろうか？

次にもうひとつの音源である「スプートニク」の収録イメージを図 11 に示す。ピアノ、ドラム、ボーカルを別々に収録し、それらのバランスをミキシングしている。また「スプートニク」のダミーヘッドバージョンは、ピアノ、ドラム、ボーカルそれぞれを個別にダミーヘッドで収録し、それらをヘッドホンでバランスを聞きながらミキシングした。複数のダミーヘッド収録された素材を重ねる試みはなかなか面白い効果が得られるが、遠近感や位置関係は収録時に決まるため、仕上がりの状態を収録前に十分にイメージして音源とダミーヘッドの位置を決める必要がある。

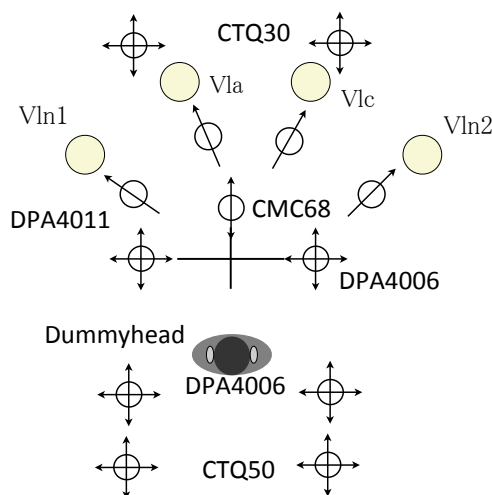


図 8. 弦楽四重奏「アメリカ」の収録時のマイクアレンジ

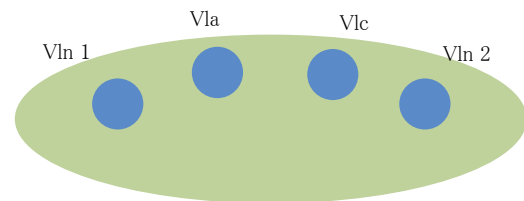


図 9. 弦楽四重奏「アメリカ」ミキシング時の音のイメージ



図 10. 弦楽四重奏「アメリカ」の収録時風景

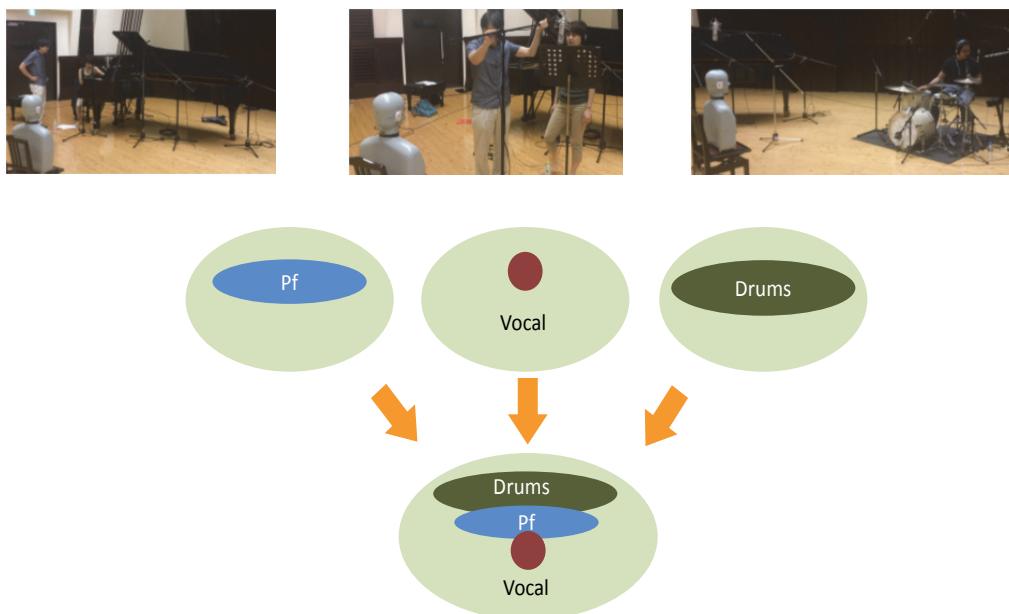


図 11.「スポーツニク」の収録風景とミキシングのイメージ

7. まとめ

ヘッドホン再生における音場について、スピーカー聴取との違いを検討した。聴取実験よりヘッドホン再生時の定位や広がり感は、スピーカー再生に比べて左右にかなり広がっている事が示された。そのためスピーカー再生を前提に作られた音源は、ヘッドホン再生では左右に広がって聞こえる。またヘッドホン再生では中央の音は正面に定位せず、頭の中に定位するように感じる。このような現象を改善するために、ダミーヘッドのような収録方法を用いる方法と、頭部の特性を簡易的に考慮した HRTF を用いる方法を試行した。ヘッドホン再生において、これらの手法はある程度の効果が得られる事がわかったが、実際の作成のためにはまだまだ課題が多いといえる。例えばパンポットやリバーブといった空間を表現するエフェクターについて、ヘッドホンでの聴取を考慮したものは現状ではほとんど見当たらない。

ダミーヘッドや HRTF も、最終的には個人個人の耳の特性との違いが問題になってくる。そこで簡単に自分の HRTF を求める事ができ、また頭部の動きを考慮して HRTF の特性をリアルタイムに変えていくヘッドトラッキング技術を搭載することで、スピーカー用に作られたものをより自然に聞くことができるシステムも提案されている。HRTF の測定方法や頭部の運動に追従する際の反応速度にまだまだ課題があるが、今後の動向に注目したい。

多くの人が日常的にヘッドホン再生で音楽を楽しんでいる現状において、ヘッドホンのためのコンテンツ制作は今後ますます注目されるであろう。一方で高音質配信の普及などで、96kHz や 192kHz/24 ビットや DSD といった高音質で 5.1 チャンネルなど作品をスピーカーで聞くといった楽しみ方を好まれるオーディオファンも多い。スピーカーから出てくる音を体全体で音を感じる聴取経験は、ヘッドホン再生には無い楽しみ方であろう。いつでもどこでも手軽に聞けるヘッドホン再生と、音に包まれてじっくり聴くスピーカー再生、どちらも音楽を楽しむ文化として成熟

していくことを期待したい。

【参考文献】

B.C.J.ムーア著、大串健吾監訳「聴覚心理学概論」第6章 誠心書房 1994

J.Blauert “Spatial Hearing”, MIT Press 1997

飯田一博、森本政之編著「空間音響学」日本音響学会編 2010

Richard O. Duda “Range dependence of the response of a spherical head model”, J.ASA 1998

筆者プロフィール



亀川 徹（かめかわ とおる）

1983 年九州芸術工科大学音響設計学科卒業後、日本放送協会（NHK）に入局。番組制作業務（音声）に従事し、N 響コンサートなどの音楽番組を担当するとともに、ハイビジョンの 5.1 サラウンドなど新しい録音制作手法の研究に携わる。

2002 年 10 月、東京芸術大学音楽学部就任。音楽環境創造科と大学院音楽文化学専攻音楽音響創造で音響、録音技術について研究指導をおこなう。

AES 本部役員（国際地域担当）、日本音響学会理事、日本音楽知覚認知学会、日本オーディオ協会、日本音楽スタジオ協会会員。

ヘッドホン技術動向

ソニー(株) HES 事業本部 V&S 事業部

投野 耕治

1. まえがき

「ヘッドホンの起源は何？」を語るとしたら、1876 年の Alexander Graham Bell 発明の電話受話器ということになる。今でもヘッドホンのことを Receiver と呼ぶことがあるが、この名残りである。この起源から 137 年。Receiver の技術は発展を続け現代のヘッドホンに至るわけだが、今ではその音質はもちろん、ドライバーの駆動形式、装着スタイル、能動回路による機能付加に至るまで、その技術分野は多岐にわたり発展を続けている。この小文では、最近ヘッドホンの分野で注目されてる技術を中心にご紹介させていただく。

2. ドライバー

ヘッドホンの発音ユニットは「ドライバー」と呼ばれており、現代ではダイナミック形が主流で、その口径も 6mm くらいから 70mm くらいまで、装着スタイルや音質を満たすために非常に幅広い種類のダイナミックドライバーが生産されている。

図 1 にダイナミックドライバーの基本構造を示す。

マグネットで磁気ギャップに発生した磁界を横切るボイスコイルに電流が流れることで垂直な力が働き、これが振動板を揺らすことで音になる方式である。

マグネットの磁力は、最近では 430kJ/m^3 という様な強力なものまでが使用されるに至っているが、この磁気エネルギーは、20 世紀初頭のものから見たら 10 倍以上という性能になる。これにより、ヘッドホンがより高感度になり、アンプの消費電力を下げ、携帯機器のサイズを小型化する事にも寄与していることは特筆したい。

ボイスコイルや振動板の軽量化により高感度化と広再生帯域化を推し進める動きは 1970 年代から進むが、最近では新しい振動板材料への着目がなされている。ヘッドホン振動板材料としては PET (ポリエチレンテレフタレート) が一般的だが、LCP (液晶ポリマー) の薄膜化が可能になった結果、最近では高い音質要求のヘッドホンに採用するケースも増えている。LCP は PET の約 1.5 倍の弾性率と約 2 倍の内部損失を有し、全ての帯域で歪み感を押さえたクリアな音を再現するのに有効な材料として商品化されている。

最近の挿入形イヤホン (カナル式インイヤー) で注目を集めているのは、BA (バランスド・アーマチュア) 形のドライバーである。

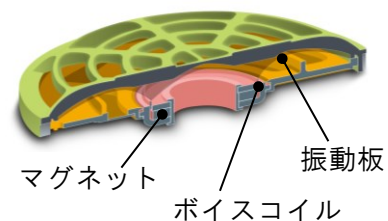


図 1. ダイナミックドライバ

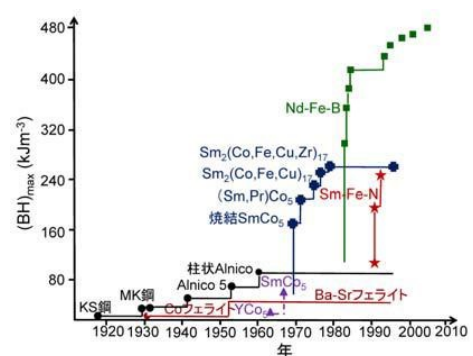


図 2. マグネット進化

図 2 に BA ドライバーの基本構造を示す。

強磁性金属のアーマチュアがボイスコイル電流によって信号に応じて磁化され、これが上下 2 枚のマグネットによって形成される磁界中で Push-Pull 動作することで振動板と連動して振動する原理である。

アーマチュア自体は金属弾性体であり、硬質な構造部品なので復元力が強いものだが、上下のマグネットに吸引力とバランスさせることで、フィルムの様に柔らかい状態に変化する。これによりアーマチュアはわずかな駆動力でも大きな振幅を得ることが出来て、結果的に非常な高感度なヘッドホンを得ることができる。ダイナミック形と比較すると、同等の感度であれば約 1/4 の小型化が可能になる。

最近では、更に BA 形の高音専用ドライバー、低音専用ドライバーの開発により、マルチウェイ化することやダイナミック形ドライバーとの組合せによって、再生帯域を広げたり音の質感を改善する技術に注目が集まっている。

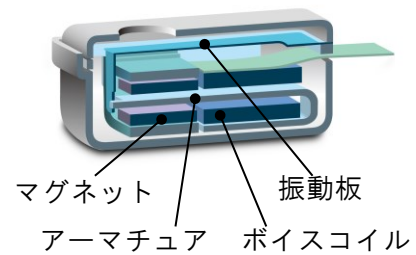


図 3. BA ドライバー

3. 装着スタイル

70 年代まで、ヘッドホンの装着スタイルはヘッドバンド装着の形態に限られていたが、80 年代以降ダイナミックドライバーが小型高感度になったことを受けて、様々な装着スタイルが生まれている。

1979 年には、非常に軽量のオープンエア形が発売され、このポータブルなカセットプレーヤーとの組合せにより、初めて戸外に音楽を持ち出す文化が形成されることになる。

1982 年には、ドライバーの更なる小型化によって、耳孔介腔に収まるサイズのインイヤー形が開発され、更なる携帯性の改善がなされる。このタイプは後にヘッドホン市場の大半を占めるほど一般的なスタイルになっていく。1997 年には、バンドが首の後ろを通る耳乗せ形、通称ネックバンド形の製品が販売され、以降数年間はイヤハンガー形のものも含めて耳乗せ形が市場の主流になっている。しかし、これも 1999 年に耳孔挿入式、通称カナルインナー形が販売されると 2002 年ころにはこのタイプが再びヘッドホンの主流になっていく。



図 3. 軽量オープンエア



図 4. ネックバンド形



図 5. イヤハンガー形



図 6. カナルインナー形

最近の動向としては、より高音質でヘッドホンを聞きたいお客様向けに、カナルインナー形でも前述の様なダイナミックと BA の組み合わせの製品のほか、ヘッドバンド式の耳覆いサイズの

製品も再び着目されるようになってきている。

このように、装着スタイルおよび装着性を高める技術は、近年のヘッドホンの発展に大きく寄与してきたし、今後とも重要な要素であると思われる。

4. 回路機能付加

電気回路を付加することで、より多機能なヘッドホンも近年非常に多くなってきている。

まず、ノイズキャンセル機能が挙げられる。

ノイズキャンセルは周囲の騒音をマイクで收音し、直接耳道内に飛びこむ音と同じ特性になる関数処理を施した後に位相反転して再生することで、耳道内で騒音を打ち消すことを可能にする機能である。民生用としては 1995 年から販売され、今ではその回路機能を音楽再生機側で行う回路分離式のノイズキャンセルヘッドホンも多数販売されている。

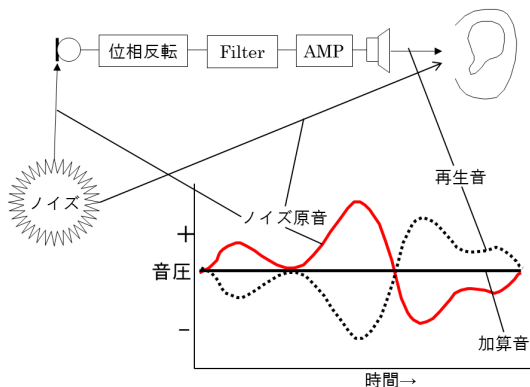


図 7. ノイズキャンセル原理



図 8. ノイズキャンセルヘッドホン例

次に、サラウンド音声処理機能が上げられる。

映画の音声などは、聴衆の周囲を取り囲むように音源が配置されており、家庭で複数のスピーカを置いて同様な音響効果を楽しむ事が可能だが、二つのドライバーで再生しても同様な効果を得ることを可能にするヘッドホンが、1998 年ころから販売されている。

動作原理は、HRTF（頭部伝達関数）という頭と耳の空間的な音響特性を DSP によって代用してヘッドホンで再生する技術である。近年の DSP 進化により、より正確な HRTF を付与する事が手軽にできるようになり、ゲームも含めてサラウンド音場の音源の増加が後押しされる形で、この技術に注目が集まっている。



図 8. サラウンド再生概念



図 9. サラウンドヘッドホン

もう一つ、近年一般化してきた技術は、ブルートゥース機能付きヘッドホンである。

ブルートゥースは、低消費電力、近距離通信に適した汎用の無線通信方式で、近年携帯端末やコンピューターとその周辺機器を繋ぐ最も一般的な通信方式として、広く活用されている。

ヘッドセット用途のブルートゥース用途としては、ハンズフリー通話、音楽ストリーミング、本体機器のリモコン操作などのプロファイルが割り当てられており、従来のヘッドホンからは大幅に機能性が拡張している。

ステレオブルートゥースヘッドホンは 2006 年頃から販売され、ブルートゥースのバージョン進化によって年々音質、伝送性能の向上が図られている。ブルートゥース通信は、その機器登録、接続の手続きが一般顧客には難しいという難点があったが、NFC という近距離通信により、機器同士をかざすだけでヘッドセットの電源を起動して、登録から接続まで自動的に手続きするように出きる技術が開発されて、より利便性を増して点が目される。



図 10. NFC 接続

5. ヘッドホン技術の今後

ヘッドホンは、その 100 年以上の歴史の中で技術進化を続け、音質、装着性、機能性を高めつつ、また対応技術の幅も広がっている。これにより、70 年代までは一家に一台あっただけのヘッドホンが、最近では一人で複数台所有し使い分ける時代となってきた。

今後は、従来市場の音楽聴取目的の「ヘッドホン」から、携帯機器の「音声インターフェース端末」として、更なる進化をしていくことになると思われる。

筆者プロフィール



投野 耕治（なげの こうじ）

1980 年ソニー(株)に入社

以来 30 数年間一貫してヘッドホンの技術開発に携わる

サイバーフォレスト森林ライブ音配信

東京大学大学院 新領域創成科学研究科

斎藤 馨

はじめに

今回の試聴室探訪記で、東京大学柏キャンパス環境棟内の自然環境スタジオを撮影し記載させて頂きました。これに関連して当スタジオが扱っていますサイバーフォレスト森林ライブ音配信についてご紹介いたします。

1993 年 WorldWideWeb のブラウザー NCSA Mosaic が無料公開されました。当時演習林の助手の私と、学生だった藤原章雄氏は、ハイパーテキストに刺激されて翌年にはクリッカブルマップと地方演習林所蔵の綺麗な森林写真を使った東京大学農学部附属演習林のホームページを立ち上げました。ハイパーリンクで文字や図表写真をリンクし表示するさまに、何とはなしに動画を扱うようになると考えました。そこで日常見ることの難しい奥深い森林を動画で毎日撮影し続け、記録した動画をデジタル化してインターネットで公開すれば、誰もが遠くの山や木々の様子を感じ覚的に理解できるようになると考え、1995 年に東京大学秩父演習林の 2 カ所に発電機を設置し、コンピュータでビデオカメラシステムを制御してパン・チルト・ズームの異なる合計 80 ショットを自動撮影する「森林映像記録ロボットカメラ」を開発し、秋の紅葉時に記録テストを行いました。翌年には通年運用を目指し毎日 11:30 分にタイマーで発電機が起動する電源システムを導入し長期運用試験を始めました。「サイバーフォレスト」という名称は、藤原氏が後の博士論文「マルチメディア森林研究情報基盤『サイバーフォレスト』の概念構築と有効性の実証的研究」の中で 1997 年に造語した言葉で、今はインターネット上に森林の情報を映像や音声などの感性情報とともに公開する実証研究プロジェクトの総称としても用いています。

10 年以上に渡り現地のビデオテープを回収し、必要に応じてデジタイズしていました。その後携帯電話サービス圏外を承知で携帯電話データ通信を使ったネットワーク接続試験を行いました。2kbps 程度だったり繋がらなかったりと不安定でした。しかしついに 2010 年に衛星ネットワークを導入し、現地の様子をリアルタイム接続により確認できるようになりました。アップロードの帯域 2Mbps で伝送データ量の制限から、音声であればライブ配信が可能と考え、現地の音をリアルタイムに大学のサーバーに伝送し、サーバー側でインターネット上にライブ音を配信しながら録音し、その録音ファイルも公開する森林ライブ音配信＆アーカイブ公開を始めました。

これを契機に、遠隔の森林の環境音がサイバーフォレストを特徴付ける重要な感性情報であるとの思いを強くしました。遠隔の森林の今を、いつでも、どこからでも、だれもが、音を通じて直感的・感覚的に捉えることができることが長期に継続すれば、ふとした折に気になる時に、断片的ながら遠隔の森のライブ音を聞きつつ、自分の身の周りの日々の日常の中の音とが重なりながら時間が経過する中で、森や自然に関する様々な思いや感覚が形成されていくと考えています。そしてそれはなんだろう、どんな価値があるのかを実証的に明らかにすることを目指しています。いまは「環境プロファイリング」と呼ぶようにしています。

ライブ音配信 6 カ所

2013 年 11 月現在、6 地点からライブ音配信を行っています。2010 年 3 月の秩父演習林鉄塔を開始し、矢竹のシステムを準備中に大震災となり急遽大槌に設置することにしました。場所の離れた 2 地点ライブ音を相互に比較することの価値に気づき、また賛同して頂ける方も増えて 6 地点となりました。

パソコンでは以下の URL

http://cf4ee.nenv.k.u-tokyo.ac.jp/drupal6/?q=cyberforest_live

から各地のライブモニタリングサイト（ライブ音・画像・微速度映像・気象データ等からなるページ）へのリンクが有り、それぞれのページの最初にはライブ音配信へのリンクがあります。

スマートフォンやタブレットの方のために、QR コードを図 1～4 に示しました。図 1 は地図上に 6 地点の位置とライブモニタリングページへの QR コードを、図 2～4 には地点毎のライブ音配信への直リンク QR コードと簡単な解説を示します。以下は各地点のライブ音について説明いたします。

(1) 東京大学秩父演習林鉄塔（図 2 上）

埼玉県秩父市の秩父演習林 28 林班内に設置した高さ 23m の鉄塔最上部に設置したマイクからのライブ音配信と録音（2010 年 3 月開始）です。ブナ・イヌブナを中心とする山地帯天然林長期生態系観測地内で、高木の樹木の樹冠部を観察するための鉄塔最上部にカメラとマイクを設置してあります。標高差 300m 程の斜面下に赤沢の合流点の沢音が 1 年中聞こえます。水量や広葉樹の葉の有り無しで聞こえ方が変化します。また尾根付近のため風の音もよく聞こえます。5～6 月日出前後の野鳥の声は賑やかですし、深夜のトラツグミも聞こえます。6、7 月のエゾハルゼミの大合唱も圧巻です。

(2) 東京大学秩父演習林矢竹（図 2 下）

秩父演習林 29 林班に設置した高さ 5m のポール最上部に設置したマイクからのライブ音配信と録音（2012 年 3 月開始）です。山腹の 25 年生のヒノキの人工林内にあり、周囲は 2 次林で、谷を挟んだ対岸は人工林、2 次林、天然林が一望できる地点です。標高差で 150m 程下に矢竹沢があり、豪雨の後の沢音は大きくて数日かけて定常流



図 1 ライブモニタリング 6 地点



図 2 東京大学秩父演習林鉄塔と矢竹

量の音に戻る様子が聞き取れます。(1)の鉄塔からは1.3km程しか離れていないのですが、聞こえてくる音はこちらの方が穏やかな感じです。ホオジロの囀りと地鳴きが多く、対岸のエゾハルゼミの声、秋には虫の音やシカ繁殖期なので雄叫び声が聞こえます。

(3) 東京大学富士癒しの森研究所 (図3上)

山梨県山中湖村の富士癒しの森第1林班内のカラマツ林内に設置したステレオマイクからのライブ音配信と録音(2013年1月開始)です。山中湖畔に位置し、近くの国道の車の音や学校放送など人工音も聞こえてきますが、様々な生態音が聞こえてきます。こちらも春先の日出前後に野鳥の声が賑やかです。

(4) 東京大学国際沿岸海洋研究センター

岩手県大槌町赤浜の海岸にある東京大学大気海洋研究所の附属施設で、3階建ての建物の屋上のマイクからのライブ音配信と録音(2011年5月開始)です。目の前に「ひょうこりひょうたん島」のモデルになった蓬莱島があります。3.11東日本大震災の大津波に3階まで被災しました。人の気配の無くなった浜の音を発信しようと被災後に衛星ネットワークを持ち込んで配信を開始し、現在も継続中です。毎日6、12、18時に防災大槌広報による時報放送が聞こえてきます。土日と正午は「ひょうこりひょうたん島」テーマ曲が様々な編曲で聞こえてきます。ウミネコやトンビ、そして6月にシュレーゲルアオガエルの声が聞こえて驚きました。ライブ音とともにライブ配信している風向風速などの気象観測データは地元の漁師さんの役にも立っているそうです。

(5) 信州大学志賀自然教育園

長野県山ノ内町、志賀高原長池湿原脇にある3階建ての信州大学志賀自然教育施設の屋上に設置したマイクからのライブ音配信と録音(2012年2月開始)です。ライブ音を聞いてその音の良さに驚いた場所です。マイクは長池湿原越しに「おたの申す平」と呼ばれる溶岩台地上の自然林方向に向けてあるのですが、周囲を大きく屏風のように囲まれているためか、音場がとても良いようです。また標高1600mで冬の期間が長いため、高山のお花



図3 東京大学富士癒しの森と
国際沿岸海洋研究センター



図4 信州大学志賀自然教育園と
千葉県立中央博物館

畑のように、短い春夏に多くの鳥の声を聞くことが出来るようで、生態音にあふれている場所です。志賀草津道路が近く土日休日は坂道を登る車両の音が少し耳障りです。

(6) 千葉県立中央博物館

千葉県千葉市の県立博物館内に野外博物展示として整備された生態園のなかに、江戸時代からあるため池だった舟田池の池畔に設置したマイクからのライブ音配信と録音(2013 年 10 月開始)です。一番新しい音源でまだ年間を通じて聞いたことが無いのですが、10 月は虫の声がよく聞こえており、奥深い森林とは違う、里山の音のように聞こえました。市街地や主要幹線道路に近いなどで人工音もしますが、そうした合間を縫って野鳥や虫の声が聞こえています。また早朝や深夜には市街地近くとは思えないのに、人里近い自然の音が親しみのあるふうに聞こえてくるのが不思議です。

ライブ音配信システム構成

図 5 に 2010 年当初の秩父演習林鉄塔でのライブ音配信システム構成を示します。当初より遠隔の奥深い森林を対象としていたため、商用電源や電話線、携帯電話、商用ネットワークの無い地域での自動撮影録音を進めており、2008 年頃からソーラー発電システムを導入しながら、冒頭に説明したように 2010 年に衛星ネットワークを導入しています。ロボットカメラではビデオテープ回収を行っていましたが、音声であればライブでインターネット伝送が出来るので、マイクラインを分割してマイクアンプ経由で MP3 エンコーダに入力しています。

商用電源が無いので 12V ディープサイクルバッテリーの DC 電源をそのまま使い、どうしても 100V が必要な場合のみインバータを使っています。ライブ音配信は全て 12V 電源で対応させています。当初ライブ音にノイズが入ってしまい、特にソーラー発電時に強くなりました。ノイズ対策をいろいろと試した結果、最終的には図中の②マイクアンプから③MP3 エンコーダ間でノイズを拾うことが分かり、この部分をデジタル化することでノイズを回避することが出来ました。さらに音量を確保するためにプリアンプを使用しています。

表 1 には、この鉄塔を含む 6 カ所の現地システムの諸元を示しました。MP3 エンコーダはステレオで 128kbps~256kbps 程度の帯域で大学のサーバーに伝送していますので、音質は良いわけではありませんが、鳥の鳴き声や雨風の音など生々しく聞こえてきます。無人マイクということで、鳥も気にせずマイクのすぐ前で鳴くこともあり、うるさいほどです。マイクは主に防滴ダイナミックマイクを用いていますが、SONY の F-115 は野ざらしにもかかわらず零下 10 度にもなる秩父演習林鉄塔では 10 年以上の稼働実績があります。

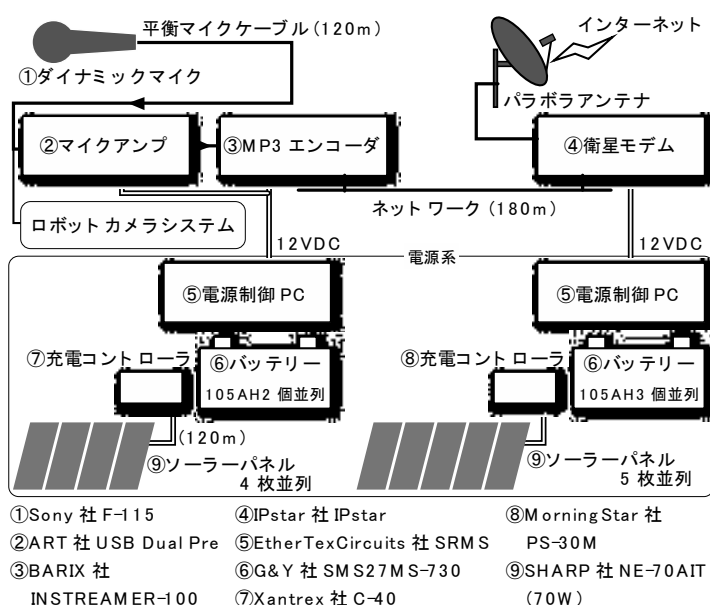


図 5 秩父演習林鉄塔ライブ音配信システム構成(2010 年)

表 1 ライブモニタリング現地システム機器諸元一覧

	鉄塔	矢竹	富士	大槌	志賀	舟田池
マイク	SONY /F-115 ×2	SONY /F-115 ×2	SHURE /SM63LB×2 独自防滴加工	SONY /F-115B ×2	SONY /F-115B ×2	SONY /F-115 ×2
プリアンプ	Sanken /HAD48	Sanken /HAD48	Sanken /HAD48	—	—	—
ミキサー	PreSonus /FireStudio MOBILE	PreSonus /FireStudio MOBILE	MACKIE /402-VLZ3	BHRINGER /XENYX 1002FX	MACKIE /402-VLZ3	MACKIE /402-VLZ3
エンコーダー	BARIX/ instreamer100	BARIX/ instreamer100	BARIX/ instreamer100	BARIX/ instreamer100	BARIX/ instreamer100	BARIX/ instreamer100
電源	12V 機器： ソーラー/タイ マー発電機	12V 機器： ソーラー/タイ マー発電機	100V 機器： 商業電源	100V 機器： 商業電源	100V 機器： 商業電源	100V 機器： 商業電源
ネットワーク	衛星回線 (IPstar)	衛星回線 (IPstar)	光回線	光回線	光回線	Wimax 回線 (UQ-wimax)

おわりに

紹介して頂いた自然環境スタジオでは、6カ所のライブ音配信を同時に受信しており、これらから特定のライブ音を選択したり、複数カ所をミックス再生することができます。これらの音源を聞きつつ解説を加えながら、各地の様子をインターネットに配信ができる機器構成となっています。今後はライブ音配信地点で時々刻々と変わる生態音や環境音に関する情報を集め、ライブ音について様々な角度からの解説を加えたライブ音解説番組などを配信したいと考えています。また6カ所のライブ音配信地点の増設としてもっとディープな自然地として無人島や原生自然林などにソーラー発電と衛星ネットワークを持ち込んでライブ音配信を計画しており、すでに現地下見なども進めつつ、競争的資金調達のためのプロポーザルを出し続けています。

日本オーディオ協会の会員の皆様には、是非とも各地のライブ音配信をリアルタイムでお聞き頂き、録音アーカイブも聞いて頂きたいです。そしてご感想や忌憚の無いご意見ご要望などお寄せいただければ幸いです。また録音ファイルについては現在のところクリエイティブコモンズで継承表記して頂ければ改変再販自由な「CC-BY-SA Cyberforest, The University of Tokyo」としております。音源を是非ともご活用下さい。

リンク：<http://cyberforest.nenv.k.u-tokyo.ac.jp/>

フェイスブック公開グループ <https://www.facebook.com/groups/cyberforest/>



齋藤 馨 kaoru@nenv.k.u-tokyo.ac.jp

東京大学教授。1955年新潟県生、千葉大学園芸学部造園学科、東京大学大学院農学系研究科林学修士修了、同博士課程単位取得退学、農学博士（東京大学）。趣味はカメラ、キャンピングカー、アウトドア料理
〒277-8563 千葉県柏市柏の葉5-1-5 東大環境棟560号
東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻齋藤研究室

連載 第20回 『試聴室探訪記』

～谷口とものり、魅惑のパノラマ写真の世界～

東京大学柏キャンパス、自然環境スタジオを訪ねて

フォトグラファー 谷口 とものり・編集委員 森 芳久



音源提供：CC-BY-SA Cyberforest, The University of Tokyo

第20回を迎えたこの『試聴室探訪記』ですが、今回は千葉県東京大学柏キャンパスの自然環境スタジオを訪れました。このスタジオは、東京大学教授・農学博士斎藤馨先生の研究室（東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻斎藤研究室）に所属し、リアルタイムで日本の各地森林の自然音を収集・配信する特異な研究施設でもあります。

サイバーフォレスト森林ライブ音配信と呼ばれる全体の構成や内容については、別項の斎藤馨先生による寄稿「サイバーフォレスト森林ライブ音配信」に詳しく記載されていますので、そちらをご参照ください。今回のパノラマ写真では、その基地局であるメインスタジオの全景、また隣室のアナウンスブースやサーバールームなどがモニターウインドーを通してご覧いただけます。

現在このスタジオには、山梨県山中湖村、長野県志賀高原長池など、6カ所の現地ライブモニタリング所から常時、また定期的にライブ音が送られてきています。今回この映像のバックに流れている自然音は、志賀高原長池で昨年6月2日午前4時26分からのライブ録音です。

今回も谷口さんの素晴らしいパノラマを美しい鳥の声とともに楽しみください。

パノラマ画像の操作説明

- パノラマ写真は、[ここ](#)か、はじめのページの**画像**をクリックしてご覧ください。
(ローディングに若干時間がかかる場合があります。)
- マウス操作で、画面を上下・左右 360 度、自在に回転してご覧いただけます。
- 画面下にある操作ボタンで次の操作ができます。
 - + 画面のズームイン
 - − 画面のズームアウト
 - ← 画面の左移動
 - 画面の右移動
 - ↑ 画面の上方向への移動
 - ↓ 画面の下方向への移動

JAS Information

「オーディオ・ホームシアター展 2013」 終了報告

10月18日(金)～20日(日)に開催致しました「オーディオ・ホームシアター展 2013」は最終日20日の暴風雨とも思われるアクシデントは有りましたが、無事終わることができ、関係者一同、心から感謝を申し上げます。

今年は61回目となる新たなスタート年となり、①オーディオ原点回帰、②協会ならではの技術的情報発信強化、③ビギナーとマニアの融合強化、④ユーザー参加型などをコンセプトとして打ち出し、①音のサロンなど徹底した試聴スタイルの追求、②生演奏などソフトとのコラボレーション、③ブルーレイオーディオ、NHK他による8K・22.2chや4Kのデモ、ネットワークオーディオの全容開示、及びヘッドホン試聴の頭内定位に対する問題提起などの技術提案、④工作教室、ライブレコーディング体験会など、盛り沢山な内容となりました。

結果は、3日間の総入場者数は17,900人(目標:20,000人、昨年:27,500人)となりました。これは、当初より顧客ターゲットをミドル層に絞り込み、確実にオーディオ市場の底上げを図る戦略を立てたことによります。ちなみに、入場者数は減りましたが、最初から目的を持ったお客様が来場されたことにより、会場内の売り場(レコード、出版物、持ち帰り商品等)による売り上げは概ね対前年比20%増となりました。また、各ブースや試聴室、イベントは常に満員状態であり、顧客ニーズと出展内容がかなりマッチングできたものと考えます。当然、新会場でもあり、地の利、知名度、会場づくりなど当初からの課題の結果ともいえますが、FMスポット、音楽雑誌、駅貼り、ゆりかもめ車内張りなど、従来とは違った広報宣伝への取り組みを展開しました。

展示会レポートは本号に掲載の村瀬氏による「オーディオ・ホームシアター展 2013」見聞記を参照頂きたいと思いますが、今後、アンケート及

び出口調査などを詳細にマーケティング分析し、ご報告させて頂くと共に、主催者として課題については次年度に向け改善に努めていく所存です。

尚、開会式、及び、新会場開催記念基調講演として行われた、経済産業省 江澤氏、NHK 技研 大久保氏による講演会の模様は下記の通りです。



開会式テープカット(写真左から中川実行委員長、電波新聞社 平山社長、経済産業省 商務情報政策局 情報家電戦略室 江澤室長、日本オーディオ協会 校条会長)



江澤氏講演: AV 機器産業の現状と今後について



大久保氏講演: スーパーハイビジョン(8K・22.2ch)の技術解説と今後の展開

JAS Information

レオナルド・ダ・ヴィンチ発想にロマンを求めて 擦弦鍵盤楽器「ヴィオラ・オルガニスタ」 製作秘話講演会と演奏会のお知らせ

JAS ジャーナル 3 月号から 4 回にわたって紹介されたヴィオラ・オルガニスタを使ったダヴィンチ時代の音楽演奏会と鍵盤楽器製作家の小渕 晶男氏による解説を行います。小渕氏製作によるとても貴重で珍しい楽器の演奏会ですので、ぜひこの機会にご参加ください。

詳細は下記の通りです：

- ◇ 日時：2013 年 12 月 17 日（火）13:30～15:30
- ◇ 定員：40 名
- ◇ 場所：松本記念音楽迎賓館
 - 東京都世田谷区岡本 2-32-15 電話 03-3709-5951
 - アクセス：<http://ongakugeihinkan.jp/access/>
- ◇ 参加費：2,000 円
- ◇ 楽器製作に関する解説： 小渕 晶男
レオナルド・ダ・ヴィンチが書き残した手稿を解釈し、後の時代に試みられたこの楽器の実現への足取りをたどり、小渕氏が製作した楽器の進化の過程を紹介します。
- ◇ レオナルド・ダ・ヴィンチの時代の音楽演奏
 - ヴィオラ・オルガニスタ演奏： 杉本 周介
 - フラウド・ドルチェ（リコーダー）演奏： 岡村 孝子
 - ソプラノ歌唱： 原 謠子
- ◇ お申込みは下記サイトから：
 - <http://www.jas-audio.or.jp/news/post1319>



レオナルド・ダ・ヴィンチ



ヴィオラ・オルガニスタ