

メディアコンテンツ委員会 技術セミナー

# 『文化の多様性を支えるオーディオの将来』

メディアコンテンツ委員会  
委員長 古山俊一

2005年12月21日、AMEIメディアコンテンツ委員会主催で早稲田大学国際情報通信研究科の山崎芳男教授を講師に迎えてセミナーが開催された。テーマは「文化の多様性を支えるオーディオの将来」というもので、さまざまな実例を、実演を交えてお話しいただいた。メディアコンテンツ委員会がかねてより企画し、委員の方々にとっても実現を待ち望んでいたセミナーであった。

山崎教授は音響情報処理研究の権威として高名な方であり、デジタルオーディオの分野に関しても、当初ビデオレコーダーを活用した音声のデジタル録音の実験を行ったパイオニアの一人でもある。また1ビットデジタルオーディオの研究開発の中心でご活躍され、1ビットオーディオ・コンソーシアムの代表としても著名な方である。今回の講演は単に新しい技術の紹介に止まらず、現在のオーディオ(ソフト、ハード含めて)の状況を改めて考え直す重要な内容も含む、大変有意義な講演であった。

本講演は、アナログ録音の原点であるエジソンの蝋管蓄音機の再生から始まった。エジソン蓄音機は以前にも聴いたことはあるが、保存状態の良いものを改めて聴いてみると意外に音圧があり、気づく点が多く面白い。もちろんHi-Fiという訳ではないが素直な音質で、決して「か細い音」ではなく、メリハリがあり魅力的で味のある音である。蝋管に刻まれた音の溝を針がトレースし、その振幅がホーンから音となって出力される。このような単純なアナログシステムを見て聞くことで、我々が疑いも無く受け入れてしまっている現在のデジタルオーディオの方法やシステム(マルチビットPCM方式やさまざまな圧縮オーディオ方式など)、そしてその「音」を原点に戻って再確認する必要性を感じた。

山崎教授はレコードや蝋管などの貴重な文化遺産から、非接触・非破壊での音情報の読み取りを行っている。また面白い話として、古代のパピルスなどに刻み込まれたくさび形文字などには当然刻み込む時に周りの音響による振動も加わっていたはずで、同じように、ピラミッドを建設する際に大きな石を運ぶ時にできた溝には周りの現場監督や人夫の声などが刻み込まれているはずで、これを取り出せたらというロマンというか夢のような話もなさっていた。先生の研究室では、大昔の遺跡等からの音の読み取りなど、音響考古学とでもいうべき分野への挑戦も行っている。



講師：山崎芳男教授

山崎先生のお話は単に技術の点に止まらず、先生独自の視点でのオーディオや音響に対する一貫した哲学に貫かれており、講演を聴く者に何の疑問もなく受け入れられていることに気がついていく。

また高速1ビットオーディオの理論の説明になると、積分などの数学を用いて大変楽しそうに数式をホワイトボードに大変なスピードで書いていき、いつもは教える側の筆者も大学生時代の気持ちに戻って「なるほどなるほど」と

うなずきながらメモを取りつつ、久々に講義を受けた感覚が懐かしかった。(高速1ビットの原理については別項で説明する。)



## § コンデンサースピーカー §

新しいスピーカーの試みとして、平面コンデンサースピーカー(数ミクロンのフィルムを振動板としエステルウールで構成されている)も紹介された。山崎研究室ではハウリングに強く均一で音の明瞭度を上げるスピーカーシステムとして、マルチセル型の平面スピーカーを提案してこられた。しかしこのシステムは高価で必ずしも効率は高くなくまた重量が重くなるため、もっと構造が単純で原理的に音への変換効率が高く1ビットアンプで駆動できるシステムを新たに提案された。

このコンデンサースピーカーには直流抵抗成分がなく、電圧と電流の位相差がほぼ90°であるため、スピーカー自体では電力は消費されない。アナログアンプを用いて駆動すると、その無効電力(注1)はアンプで消費されるが、1ビットアンプやPWM(Pulse Width Modulation:パルス幅変調)アンプ等のスイッチングアンプでコンデンサースピーカーを駆動すれば、無効電力はアンプで消費されることなく高効率で駆動することが可能である。

コンデンサースピーカーではバイオリン曲などを聴いたが、コンデンサースピーカーの特性は高域の伸びが良くサブ・ウーファーなどと組み合わせて使うとより帯域の広いサウンドが出せるだろうと感じた。とにかく通常の電磁気式のスピーカーとは鳴りが違い興味深い。壁に貼り付けて使うなど新しい設備音響システムとして使うことも考えられ、活用例は様々である。



奥がコンデンサースピーカー

## § 高速1ビットによるサウンドを視聴 §

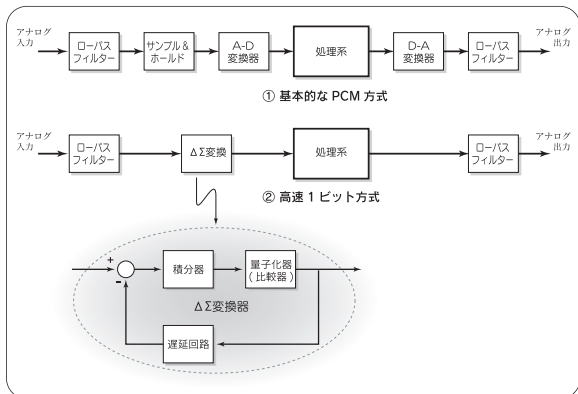
高速1ビットによるサウンドの実例として、2例聴くことができた。一つは8チャンネルサラウンド収録されたバッハの「マタイ受難曲」(昨年の8月5日に広島で開催された被爆60周年記念「慰霊のタベコンサート」より)である。会場は防音処理された教室であり響き部屋ではなかったが、前方3つ、後方3つ、両サイドに2つのスピーカーが配置されていた。聴いた印象は現場の会場の鳴りがとてもナチュラルに再現されていたように感じられた。コーラスと楽器群の距離感が明瞭で音の層が認識できるようであり、とても滑らかで自然な音という印象を持った。筆者自身もサラウンド録音には大変関心が高く、実際にマル

チビット(24bit/48KHz)での6チャンネルサラウンド録音は何回も経験があるが、澄んだ音のイメージは1ビットオーディオの特徴で、サラウンド録音した場合リアリティーがさらに高まるようだ。筆者も是非1ビットマルチチャンネル録音に挑戦したいし、自然音の収録を是非やってみたいと思った。

高速1ビットマルチチャンネル収録のもう一つの例として、ボーカル+ジャズコンボをリアルに再現する試みがある。これは前方のスクリーンに写されたバンドメンバーとボーカルの実際に立っていた位置にスピーカーを配置して、映像に合わせて音を再生する実験である。ボーカルを前方中央に配置し、ピアノは左奥に配置、サックスは右前方、ドラムスは右奥、ベースは中央よりやや右奥といった配置で鳴らした。映像と合わせると、視覚的にこの位置から音が出ているはずだという認識もあるので、たいへんリアリティーの高い再生方法である。ライブの中継や遠隔地への配信などに向けた再生方法であると思った。スピーカーの指向性などを調整していくと、よりリアルな音像を作り出せるだろう。

§ 高速1ビット オーディオについて § エジソンの蓄音機の時代から、音の記録はアナログである空気の波、気圧の変動である「音の波」をいかに忠実に記録していくかが重要である。デジタル化を行う場合も同じで、いかに原波形に近い状態で記録、再生できるかが重要なポイントである。CDが登場した1981年当時、山崎教授は「音がよいからデジタル化ではなく、安く丈夫だからデジタル化なのだ。」と主張されていたことが象徴的である。高速1ビットオーディオを山崎先生が提唱される理由は、アナログに近く原音を再現できるからである。

ここで高速1ビットオーディオとはどのようなものなのか説明しておこう。一般的にデジタルオーディオといえはマルチビット方式である。16ビット、24ビットの量子化ビット数が一般的で、音声信号からAD(Analog to Digital)変換器を用いてデジタル化され、またデジタル化された信号から音声信号を取り出すためにはDA(Digital to Analog)変換器を用いる。デジタル化しさらに復号化する際に、エイリアスノイズや量子化ノイズをどう取り除くかで工夫がある。サンプリングの定理によれば完璧に音声波形が再現できるはずであるが、推量による補完や情報の間引きがあるため、原音とは違って来る。高速1ビットのA-D/D-A変換方式の違いを図からみると、要素として高速1ビット方式はシンプルである。デジタル処理系の後にローパスフィルターを用いるだけでアナログオーディオ出力を得ることができ、見た目にもすっきりした方式である。



高速1bit方式ブロック図

ポイントとなる要素は $\Delta\Sigma$ (デルタ・シグマ)変調である。これはアナログ信号や多ビット情報などを1ビットに変換する手法の一つである。積分回路と量子化誤差のフィードバック回路からなり、入力積分と比較器の出力の積分(積分は一定時間帯での平均値と考えても良い)が一致する時が安定で、両者に差がある場合は比較器が1ないし-1を出す頻度が変化して差を打ち消そうとする。だるま落としに似て、入力と出力の差がある時にコマを一つずつ落として0まで持っていく。その結果入力信号の大きさによってパルス頻度が変化するわけだ。そして $\Delta\Sigma$ 方式は極めて高い次数のオーバーサンプリング(注2)を行うことと、方式自体にノイズシェーパー(注3)としての機能が備わっている点が特徴である。

ここで入口も出口も $\Delta\Sigma$ 変調し、極めてアナログに近い特性を持つようになる。この出力は最終的にスピーカーをドライブするためにアナログ信号に変換する必要があるが、1ビット信号はマルチビット信号と違ってDAコンバーターを必要とせず、その出力をローパスフィルターに通すだけというシンプルな処理で元のアナログ音声信号に戻すことができることも大きな特徴である。

§ 音楽文化と オーディオ技術 § またコロムビアミュージックエンタテインメント代表取締役社長兼CEOの廣瀬禎彦氏の発言を引用して語られたが、現在のネットワーク環境では、音楽などの「芸術」がネットに乗った途端に玉石混交の情報の海に溺れてしまうと話されていた。一方、インターネットが情報を伝達するメディアとして新たな需要を喚起していることは間違いない事実である。インターネットに芸術を馴染ませる解決方法を考えなくてはならないが、山崎先生の提案する考え方の一つとして、演奏者と聴く人を直接リアルタイムで結ぶ「アーティスト・ダイレクト」という構想を持っておられる。そのため山崎教授は本庄キャンパス(埼玉県本庄市)に特区の指定を受け、高速1ビットネットワークで結んだFMではないAM音楽専門のミニ放送局の実験が行われているということだ。AMというと、ちょっと聞くと音が悪いものにとらえがちであるが原理的には音の再現性は高い。このシステムも実際にどのようなものか拝見したいものである。

我々メディアコンテンツ委員会は、楽器メーカー、オーディオ系企業、電話・モバイル系企業、ゲーム制作会社など、さまざまな業種の方々が参加する会であり、我々にとってデジタルオーディオは切っても切れない存在である。今回の山崎教授の講演と実演の結果、我々が当たり前と考えて無評価で受け入れているものがいかに多いかを実感した。そして大いに刺激となった。大変意義のある講演会であった。

注1「無効電力」：実際に仕事をする電力のことを有効電力、仕事をしない無駄な電力を無効電力という。無効電力が少ないほど効率の良いシステムと言える。

注2「オーバーサンプリング」：通常のサンプリング周波数の何倍もの高い周波数でサンプリングする技術で、サンプリングノイズが高周波領域へシフトされるため、S/N特性が改善される。

注3「ノイズシェーパー」：量子化誤差を補正し、量子化ノイズを低減する効果がある。