

古くて新しいバイノーラルの魅力と 3D 再生

株式会社サザン音響

稲永 潔文

本稿では、昨年 2011 年の 10 月 21 日～23 日に秋葉原で開催された「オーディオ&ホームシアター展 TOKYO」(音展)において行われたセミナー『古くて新しいバイノーラルの魅力と 3D 再生』の内容をご報告します。なおこのセミナーは、一昨年の同セミナー『ダミーヘッド (HATS) とバイノーラルとサラウンドヘッドホン』に引き続いて行われたものです。

1 はじめに

近年映像の世界では、“ワイド化”、“高臨場感”と共に、“3D”というキーワードがテレビ、映画、ゲームなどのコンテンツや、ハード面でもそれらを作成するためのスチルカメラ、ビデオカメラ、CG 機器などにも付けられ、様々な分野で急速に 3D 化が進んでいます。

片や音の世界では、モノラルから 2ch ステレオへ、そして 5.1ch、・・・、22.2ch とチャンネル数の増加と共に、確かに臨場感や囲繞感(サラウンド感)は増していますが、多数のスピーカ再生を前提としたステレオ音像再現では様々な点で 3D 化の限界が見えてきているようです。それは、5.1ch ですらスピーカを置く場所を十分確保するのが大変である現実を考えると、さらに多くのスピーカ群を並べ、部屋中を大音量の音空間で満たすというようなことは一般家庭では難しく、映画館やイベント会場等の実験音場空間などでしか実現できない世界だからです。

一方音の再生を別の切り口から考えてみますと、近年の高性能ポータブルオーディオプレーヤーやプレーヤー付き携帯電話等の普及により、ヘッドホン/イヤホン再生でいつでもどこでも好きなコンテンツを楽しめる新しいオーディオのスタイルが定着してきています。どこのオーディオイベントでもヘッドホン/イヤホン再生関連ブースの前で人だかりがしているように、ヘッドホン/イヤホン再生を中心とする新しいオーディオの世界と、オーディオファンが急増していることがよく分かります。



図 1 様々なヘッドホン/イヤホン

このようにヘッドホン/イヤホン再生が市民権を得た今、再び脚光を浴びてきたのが、人間が音を聞いている状態を模擬したバイノーラル再生です。なぜなら、ヘッドホン/イヤホン再生であり

ながら音像が頭内定位せず、普段聞いているのと変わらない方向感や定位感のある極めて自然な音場再生が、特別の機材を用いることなく、従来の2chで再現可能だからです。ヘッドホン/イヤホン再生では右ch.の音は右耳に、左ch.の音は左耳にしか聞こえないという再生機器の特徴があります。そのため、スピーカ再生ではクロストークのために難しかったバイノーラル再生が容易となり、これまでスピーカ再生では不可能に近かった任意（無限）チャンネルの音像再生が可能であることから、究極の3Dサラウンド再生が実現できる可能性が秘められています。

2 バイノーラル收音・再生って何？

バイノーラル（BINAURAL）という単語は、“2つ”と“聴覚”を組み合わせた造語で、両耳聴のことを言います。ここで特にバイノーラル收音・再生と用いると、一般的には次のような特徴を持つ收音再生方式のことを言います。

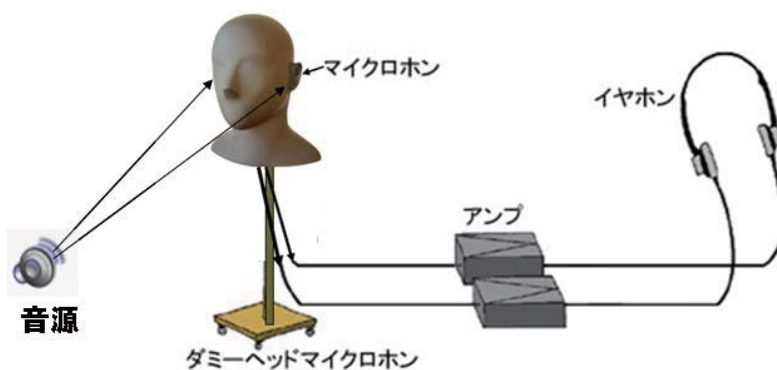


図2 バイノーラルシステムの原理

すなわち、図2で示されるような人間と両耳間距離がほぼ同じマネキン（例えばサムレック君）の両耳部にマイクロホンを埋め込み、この2つのマイクロホンからの出力を録音して再生、あるいは直接ヘッドホン/イヤホンで音を聞くと、実際に自分がサムレック君の場所にいて音を聞いているのと同じような聞こえ方をします。具体的にはサムレック君の正面から、側面から、はたまた背面や耳もとで話しかけてやりますと、別室でヘッドホン/イヤホンを通して聞いている人には自分の回りで様々な方向から人が話しかけているように聞こえ、特に耳元でささやかれた場合には、思わず振り向いたり首をすくめたりするほどリアルに聞こえます。惜しむらくは正面方向からの音は距離感があまり感じられず、額の辺りから音がしているように感じられます。

我々は通常、2ch.ステレオソースをヘッドホン/イヤホン再生すると、音像が頭の中にもってしまいう頭内定位をいつも体験しています。しかし上述のサムレック君の実験では、音像は頭の外側から（頭外定位）、それも距離感を持って方向がわかり（方向定位）、日頃聞いているのと同様音場感であり、「原音場での聴感の完全な再生」を実現できる可能性のある方式の一つであることが実感できます。

スピーカ再生が主であった従来のオーディオ再生から、ヘッドホン/イヤホン再生が市民権を得て日常的に使用されるようになった昨今、頭内定位せず、自由な方向定位と自然な音場感再生が特別の機材無しで、いつでもどこでも手軽に楽しめるバイノーラル收音・再生の出番と言えるでしょう。

3 生録とダミーヘッドとバイノーラルの歴史

バイノーラルの歴史について簡単に触れると、1881年のパリ万国博覧会までさかのぼることが出来る、古くから知られた技術であることが分かります。

オペラ座の舞台前に設置された1対の送話器から、パリ電気博覧会会場に信号が送られ、そこに設置された1対の受話器を通してオペラ座で演じられている歌を聞く事の出来る装置が展示されていました。両耳に受話器を当て送られてきた音を聞くと、まるで自分がその場にいるように感じたり、舞台の広がりや奥行き、歌手の動きまで手に取るように感じることで出来る素晴らしい体験をした人々は、異口同音に皆驚いたという記録が残っています。

その後もバイノーラルの研究は黙々と続けられ、半世紀ほど経った1933年のシカゴ万国博覧会では、「オスカー君」と呼ばれる両耳にマイクを仕込んだダミーヘッドマイクがベル研から展示されました。彼の左右マイクからの音声信号は、昔NHKの第一放送と第二放送で行っていたステレオ実験のように、異なる周波数の2波のAM信号に乗せられデモが行われたという記録が、「オスカー君」の名付け親は有名な音響学者：フレッチャー氏だったとの記録と共に残っています。

バイノーラルを含めた生録のハイライトは、1975年辺りを頂点とする1970年～1980年頃の生録ブームでした。1974年のNo.12”少年サンデー”には生録特集が組まれ、お椀型のマイクを両手に持ち、頭にヘッドホンをつけて野鳥の声や動物の声を録っているお嬢さん達が随所に出てきて雰囲気盛り上げています。

また1975年には音楽の友社から生録専門誌“ロクハン”が創刊され、多くの最新録音機材や様々なシチュエーションでの生録指南が紙面ににぎわっています。1976年2月号「お正月を録ろう」特集では、なんと様々なダミーヘッドの自作記事が掲載されています。

この頃にはカセットテープを録音媒体としたレコーダが次々と売り出され、カセットデンスケなどはマニア垂涎の的でした。これら高性能カセットテープレコーダーの出現により、手軽にフィールドで録音出来る環境が整ったのもブームが起こった要因の一つと思われます。なお参考までですが、初代ウォークマンTPS-L2が発売されたのは1979年のことでした。

鉄道マニアのテッチャン達が、生録機材を担いでSLの生録に奔走したのもこの頃で、JRグループの”鉄道ダイヤ情報”の153 1997-1号には、「飛び出せ！生録大作戦 PART2」という記事が載っています。

一方、国内外からダミーヘッドマイクが次々と発売され、ナポレックス DH-1、円錐形でフォックスダミーと呼ばれたソニーDH-5、テクニクス RP-3280E、積層板を重ねたような特徴あるフォルムのAKG D99C、またNEUMANN（ノイマン）の「KU-80」は1973年に、その後の1992年には、現在でも脈々と販売を続けている「KU-100」が発売されています。またゼンハイザーからMKE-2002という、聴診器のような自分の耳にマイクを差し込む、一風変わったバイノーラルマイクも発売されました。

私事ですが、筆者が入社したのはその頃で、夏休みにダミーヘッドとカセットデンスケを車に積み、悪友と東北に音録り旅行に出掛けた思い出があります。（写真1、2）



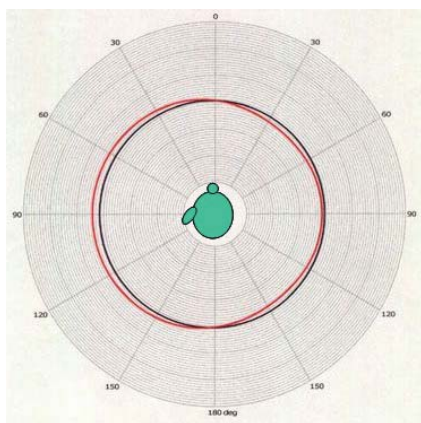
写真1



写真2

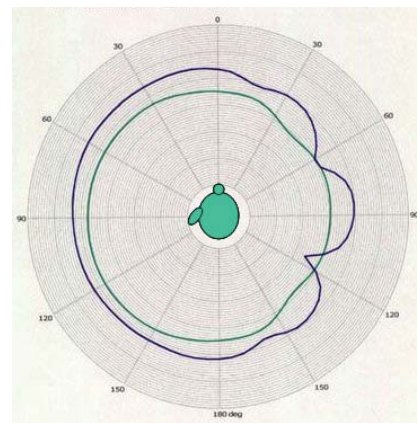
4 ダミーヘッドマイクロホンの音響特性と特徴

次に、ダミーヘッドマイクロホンの音響特性はどんな特性なのか、簡単にお話ししましょう。まず指向性ですが、一般的なマイクロホンの指向性を分類すると、① 円形の無指向性、② 8の字型の双指向性、③ 無指向性と双指向性を合成して作る、ハート形をした単一指向性、などに大きく分類することが出来ます。ここで無指向性マイクロホンをダミーヘッドの耳部に取り付けてダミーヘッドマイクとしたときの指向特性（ポラパターン）の一例を、左耳に関して異なる周波数(100,400,1k,2k,4k,8k,10k,12kHz)毎に、図3～図6に示します。



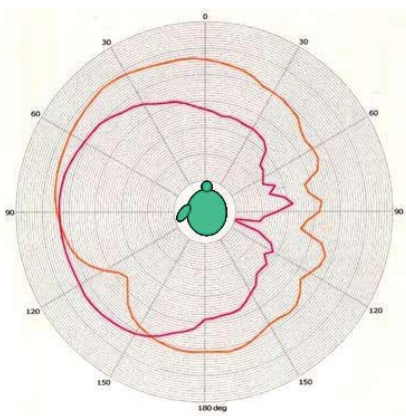
100Hz 400Hz

図3



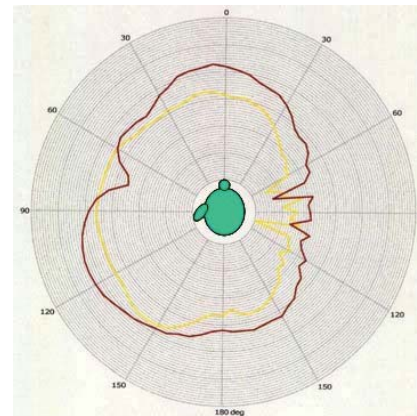
1.0kHz 2.0kHz

図4



4.0kHz 8.0kHz

図5



10.0kHz 12.0kHz

図6

これらの図より、 $F < 1\text{kHz}$ 以下の低・中域ではほぼ無指向性に、また $1\text{kHz} < F < 5\text{kHz}$ の中・高域では、緩やかな単一指向性、さらに $5\text{kHz} < F$ の高域では、特徴的な指向性を持つことが分かります。

一方、左耳マイクの音圧周波数特性の例を、正面 0° から反時計回りに 30° おきに測定し、重ね合わせたものを図 7 に示します。

これらの測定結果より、 $F < 1\text{kHz}$ 以下の低・中域では角度依存性が少なく比較的平坦な特性が、また $1\text{kHz} < F < 5\text{kHz}$ の中・高域では、角度異存性が大きく、かつ独特の盛り上がった特性に、さらに $5\text{kHz} < F$ の高域では、角度に依存した特徴的な周波数特性となることが分かります。なおこの場合の測定結果は、両耳のイヤーマデルからマイクの間にはイヤースミュレータという人間の聴覚特性を模擬したカップラが取り付けられている場合の特性であることに注意が必要です。このイヤースミュレータがない場合には、高域の盛り上がりは $5\text{kHz} \sim 6\text{kHz}$ 辺りにシフトします。

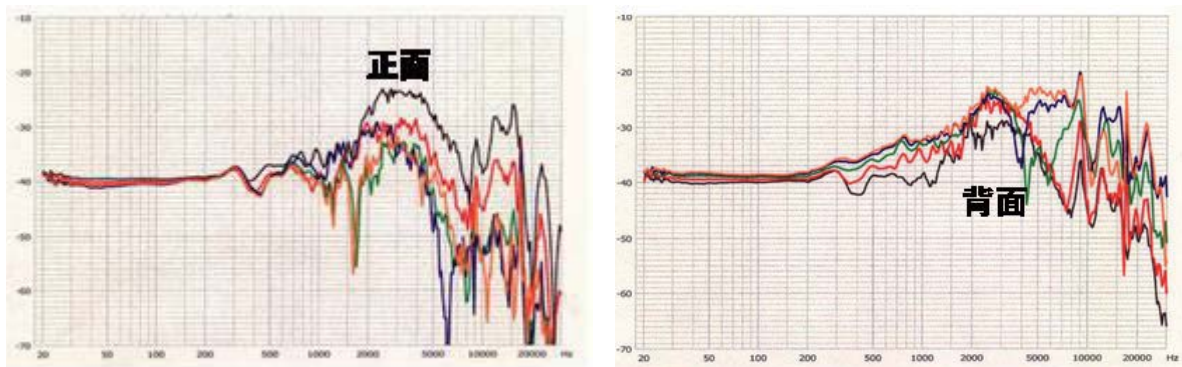


図 7 ダミーヘッドマイクロホンの周波数特性例（音源→左耳側マイク）

5 最新録音用ダミーヘッドのご紹介

3 で述べたように、長い歴史のあるバイノーラル録音ですが、近年手軽に使用できるダミーヘッドマイクは発売されていません。ダミーヘッドがないことにはバイノーラル録音は始まりません。そこで（株）サザン音響では、IEC 国際規格に準拠した音響測定用ダミーヘッド：SAMAR Type4500、SAMURA Type3500 の技術に裏打ちされた、バイノーラル録音用ダミーヘッドマイク SAMREC Type2500S を 2011 年 5 月にリリースしました。



写真 3 江ノ電と SAMREC Type2500S

SAMREC Type2500S の特徴は以下のようです。

<コンセプト>

- ・本格的 HATS (ダミーヘッド) を手軽な価格で (¥198,000 市場参考価格)
- ・フィールド録音を考慮して、必要十分な軽量化、防滴構造
- ・「耳」も「マイク」も、カスタマイズ可

<頭部>

- ・意匠的にも美しい、固有音レス・スムーズフェース
- ・両耳間寸法・耳周辺骨格構造：IEC60959 に準拠
- ・振動レス構造と制振素材使用
- ・三脚取り付け可



写真 4 SAMREC (サムレック) Type2500S



写真 5
エルゴノミクス・イヤーマデル
Type2560B/2561B



写真 6
リアル・イヤーマデル
Type3560B/3561B

6 まとめと今後の展望

これまでお話ししてきたように、長い歴史を持っているバイノーラル収録・再生ですが、なぜこれまであまり普及しなかったのでしょうか。それには次のような理由があったと思います。

生録ブームだった 1975 年当時と 2012 年の今とで、普及を妨げた多くの問題点の歴史的比較を試みましょう。

① レコーダ性能等 (録音機器/編集機器) の問題

当時はカセットを用いたレコーダで必ずしも十分な性能ではありませんでしたが、現在では高性能な PCM レコーダが安価に市販されています。また HDD 録音と映像を含めた PC 上の編集の容易さは、隔世の感があります。さらにその当時は音のみのレコーディングでしたが今では映

像と共に録ることも可能で、録音操作時のメカキーによるガシャン！という音が録れてしまったという話は笑い話になりました。

② イヤホン再生（再生方法）の問題

1でも述べてきたように、当時はスピーカ再生が主流で、ヘッドホン/イヤホン再生は特別の聴き方でした。現状はお話するまでもなく、新しい時代が到来しました。

③ スピーカ再生との互換性（スピーカ再生条件）

当時はフロア型スピーカ全盛で、バイノーラル再生とはあまり相性が良いとは言えませんでした。近年のニアフィールド型やPC用のスピーカとは相性が良くなっています。また周波数特性上の問題は、PC等で簡単に補正できるようになりました。

④ 前方定位（再生環境／条件）問題

従来は音のみの再生で、じっと目をつむって鑑賞したのですが、現在では映像付きのコンテンツが普通ですから、同じ原理のサラウンドヘッドホン/イヤホンで問題が指摘されないように、全く問題ありません。

⑤ コンテンツのデリバリー（配布・鑑賞・発表方法）の問題

従来はカセット等で収録してきたコンテンツをコピーして、パッケージでの交換や配布が主流でしたが、現在ではCD/DVD化等映像と共にROM化したり、ファイルとしてメール添付や、YouTube、ニコ動など通じて、名実共にリアリティーのある情報発信と情報交換がネット上で可能になっています。

以上述べてきましたように、これまでバイノーラル収録・再生に立ちはだかっていた多くの問題はほとんど解消され、これからはバイノーラル収録・再生をより推進するベクトルが加速されると思われます。

筆者プロフィール

稲永 潔文（いななが きよふみ）



1975年 ソニー（株）技術研究所入社
以来スピーカ、ヘッドホン、音場再生機器、
音声デジタル信号処理機器等の研究開発業務に従事
2009年 11月 ソニー（株）定年退社
2009年 12月～東京大学先端科学技術研究センター（伊福部 研）
2010年 4月～東北大学通研共同プロジェクト研究員
2010年 7月～株式会社サザン音響設立 代表取締役
JEITA、IEC/TC100 GMT 委員を歴任
AES, JAS, ASJ 会員