

バイノーラル收音と最新收音機材について
—ASMR 收音、骨伝導收音、固定收音からウオーキング收音まで—

株式会社サザン音響／サザンアコースティクス

稲永 潔文

本稿は、2019年6月29日～30日に東京国際フォーラムで開催された「OTOTEN 2019」でのセミナー『ダミーヘッド(HATS)応用技術』中の後編、『バイノーラル收音と最新收音機材について』—ASMR 收音、骨伝導收音、固定收音からウオーキング收音まで—の内容をベースに一部加筆したものです。前編の『ウエアラブルオーディオ測定技術について』—ヘッドホン・イヤホン暴露音圧から、ハイレゾ、骨伝導、ノイキャン測定まで—と併せてご覧いただくと幸いです。

1. はじめに

バイノーラル收音/再生は、手軽に 3D 音場再現が可能な、長い歴史を持つ 2ch.の收音/再生方式です。收音を行う際は、人間の頭部形状を模擬したマネキンの両耳部にマイクロホン（以下マイク：Mic）を設置した、いわゆるダミーヘッドマイクを用いるのが一般的です。

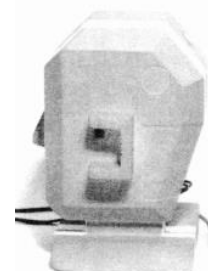
1970年代に、携帯が容易なコンパクトカセットを用いた 2ch.ステレオ録音・再生機材が広く普及した事もあり、蒸気機関車の音や様々な身近な音を録って楽しむ、生録ブームが起こったことをご記憶の方も大勢いらっしゃると思います。收音に用いたマイクも様々で、音源により通常の無向性マイクや指向性マイク、またこれらにパラボラ反射器を併用したりと、様々なトライアルが行われていました。中でもバイノーラル收音/再生はその 3D 的再生音の生々しさから大きな盛り上がりを見せ、海外製のダミーヘッドマイクに負けじと、国内でも多くのダミーヘッドマイクが各社から販売されました（図-1）。



NEUMANN 「KU-80」



AKG D99C



ナポレックスDH-1



テクニクス RP-3280E



ソニーDH-5



ビクター HM-200

図-1 様々な形状のダミーヘッドマイク

一方専門誌では、バイノーラルマイクを自作する製作記事も人気の的で、自作したバイノーラルマイクで様々な音や自分たちで演奏した音を録音し、それを再生して楽しむ、という究極の”主体的に参加するオーディオ”として、大いに盛り上がっていました。このようにバイノーラル收音に使用するバイノーラルマイクは、自分の両耳部にマイクを設置する簡便なもの（リアルヘッドマイク、図-2）から、IEC^[1]、ITU^[2]等国际規格に準拠するものまで多くの種類があります。



図-2 リアルヘッドマイクの一例

本稿では、最近のバイノーラルに関する話題と、それに使用される收音機器について、またそれらの使用法のノウハウについてお話ししたいと思います。

2. 各種形状ダミーヘッドマイクの相違点と共通点

これまで述べてきたダミーヘッドマイクは様々な顔形をしており、このように頭部形状が異なっても同じような3D收音ができるのだろうか？ また收音した音をヘッドホン/イヤホン（以下ヘッドホン）で再生した場合にも同じような効果が出るのだろうか？ という、素朴な疑問が常にありました。実際の所、これら異なる顔形のダミーヘッドマイクで收音した音を聞いてみますと、個々のヘッドにより音場感や音色が異なるものの、3D的な効果である頭外感と方向感、程度の差こそあれ実現されている事が分かります。しかし、通常自分の耳で聞いた時に感じるトーンバランスや音の定位感とは異なり、また従来の2ch.ステレオをヘッドホン再生した時に感じる音場感とも異なる、以下の共通点があることが分かります。

従来の2ch.ステレオソースをヘッドホン受聴した場合は、スピーカで聞いた場合と同じようなトーンバランスで聞こえますが、再生音源が頭の中にも入る、いわゆる「頭内定位」が起こります。一方、ダミーヘッドマイク出力（ソース）の場合には、頭の外側に定位（「頭外定位」）し、方向感もありますが、肝心の前方には定位し難いことが分かります^[3]（図-3）。また再生音は高域が強調されがちで、人間の声の再生では「ハスキーボイス」になってしまう事もあります。これらダミーヘッドマイクのハード的共通点としては、頭部に概略連続面で繋がる顔面を持ち、その両耳部に人間の耳を模擬した耳殻モデルが配置され、それらの両耳間距離：EEP（Ear

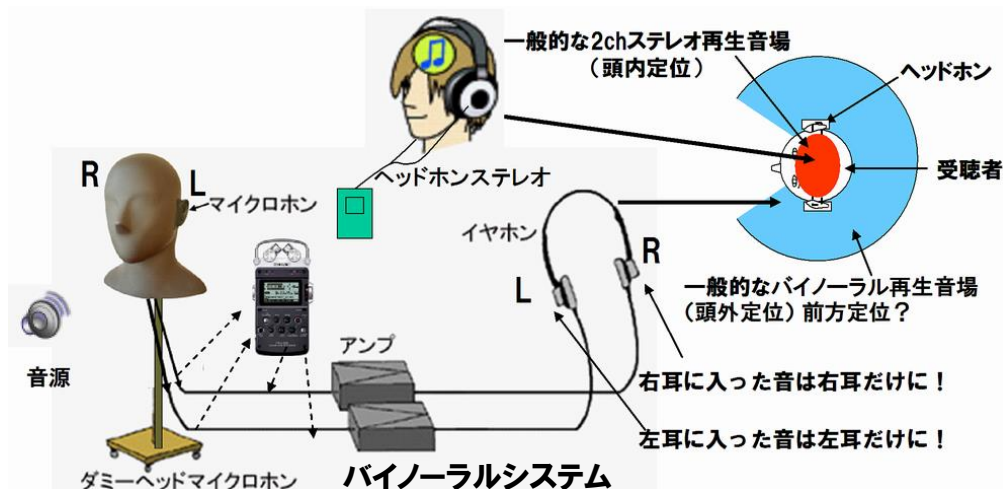


図-3 各種音源とヘッドホン再生時音場イメージ例

Entrance Point) to EEP が、人間同様 約 150mm 程度であることが、共通事項としてあげられます。

3. 高域強調の原因と、各種マイク設置条件^[3]

このダミーヘッドマイクを用いて收音する際に現れる高域強調の問題は、古くからレコーディングエンジニアの間では認識されていました。具体的にその強調のされ方を調べてみますと、マイクの設置方法や耳殻モデルの形状等によって、大きく変化することが知られています^[6,8]。



図-4 SAMAR HATS Type4500

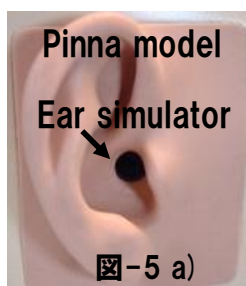


図-5 a)



図-5 b)

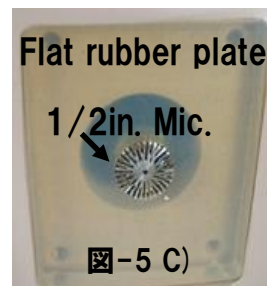


図-5 c)

図-5 異なるマイク取付条件の例

例えば IEC 60318-7^[1] 準拠のサザン音響 SAMAR HATS (ダミーヘッド) Type 4500 (図-4)に、①IEC60318-4^[5] 準拠の、人間の聴覚特性を持った特殊マイクである人工耳(イヤースミュレータ)と、IEC 60268-7^[6] 準拠の耳殻モデルを搭載した場合、②人工耳の代わりに 1/2in.マイクを耳殻モデルの耳道入り口に配置した場合、③さらに耳殻モデルを扁平シリコンゴム板で置き換えた場合、の各マイク設置条件 (図-5a,-5b,-5c) での、ダミーヘッド^[6,7]の音源から 1m における正面 (0°) 方向頭部伝達関数(HRTF)の特性例を、図-6a,-6b,-6c に示します^[7,8]。

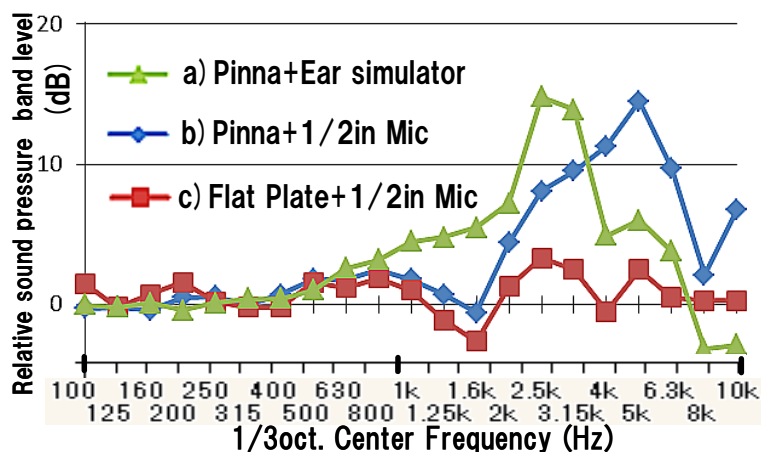


図-6 異なるマイク取付条件時のHRTF例(正面0° @1m)

図-6a では 3kHz 辺りに凸特性が現れているのが、図-6b ではこの凸特性が 5kHz 辺りにシフト、また図-6c では-6a,-6b のような特に強調された周波数はないことから、これらの凸特性は耳殻形状・構造や耳道の影響によるものであることが分かります。

何れにしても、ダミーヘッドマイクに耳殻モデルが取り付けられている限り、この凸型特性の影響は避けられず、高域が強調された音になる主要因になっています。一方耳殻を取り除くと、HRTF にリップルはあるものの平坦に近くなり、通常の 2ch.マイク收音に近いトーンバランスと

音場感となり、バイノーラルの 3D 的な効果は多少減じ、通常のスtereo音場再生に近くなってきます。耳殻モデルの高域強調の問題は、以下の物理モデル (図-7)により、容易に説明ができます。すなわち、図-6a では人間の聴覚系が模擬されており、耳道+α のイナータンスとコンチャの容積による共振が 3kHz 辺りに現れますが、図-6b では耳道の長さが短縮された事により共振の山が 5kHz 辺りにシフト、また図-6c では耳殻の影響を受けず、概球形頭部の回折の影響が主に現れることにより、図で示した様なリップル特性となることが理解できます。

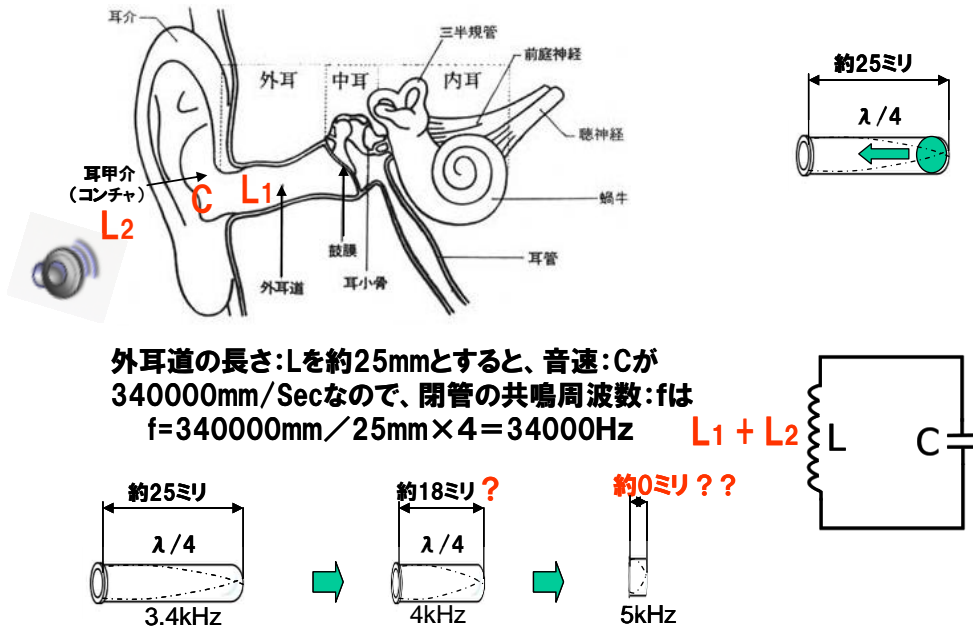


図-7 耳内共振モデルとエンハンス周波数の関係例

この問題は、1970年代にダミーヘッド收音が盛んになった頃に、ノイマン社^[9,10]を始め多くのスタジオ等で共有され、その補正について多くの議論がなされました。当初は、無響室(自由音場)に置かれたダミーヘッドマイクの正面前方に音源があるときのHRTFが平坦になるような補正が試みられましたが、補正が過度になってしまうため、最終的には拡散音場でのHRTFが平坦特性になるのを一つの目安として、補正を行うことが多いようです。

この様に、用いるダミーヘッド、耳殻モデル、マイク設置位置(条件)で一義的に定まるこの高域強調(エンハンス)特性を補正するため、一般的には電気回路での補正が行われています。

図-8は、サザン音響のSAMREC Type2700Proに搭載されている例で、ボトムのEQスイッチをONにすると、拡散音場補正がONになるよう設計されています。

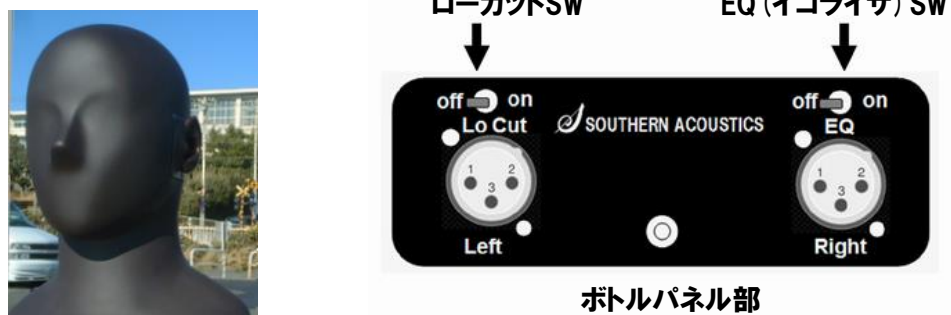


図-8 SAMREC Type2700Pro と底部コントロールパネル

また、ダミーヘッドに搭載しているマイク自体に上記特性の音響的補正回路を組み込んだ、マイク (Type4124: プラグインパワー給電) を用いますと、電気回路を用いることなく、従来用いていたマイクと交換するだけで、簡単に HRTF を補正した出力を得ることが出来ます^[11]。

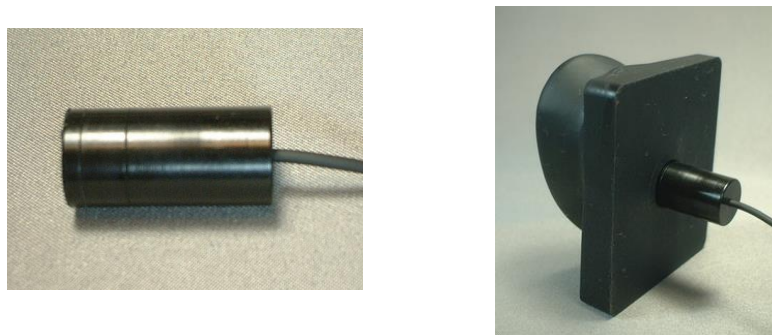


図-9 音響トラップ補正付マイク:Type4124 と耳殻モデルへの取付例

4. ASMR 用? 耳殻付マイク

最近ネットの YouTube で、ASMR というジャンルが賑わっています。『ウィキペディア (Wikipedia)』によりますと、ASMR (英: Autonomous Sensory Meridian Response) は、人が聴覚や視覚への刺激によって感じる、心地良い、脳がゾワゾワするといった反応・感覚、だそうです。実際に試聴してみると、“ページをめくる音”、“ヒールの音”、“氷を食べる音”、“おせんべいをかじる音”、“咀嚼する音”、“耳かきの音”・・・等何でもあります。中には癒しの効果もあると訴えているコンテンツもあり、主に映像付のバイノーラルで収録された、リアルで臨場感のある音が特徴です。音源自体も自分で作り、また出演して説明と実演を行い、収録してネットにアップして皆で楽しむ。これは前にも述べた、“主体的に参加するオーディオ”の拡張版のような位置づけと言えるでしょう。

この ASMR に使用されるバイノーラルマイクの中には、1.で述べたような顔や頭に相当する部分が無く、耳殻モデルのみが付いている2枚の円板等を、距離を離して対向させたような形 (以下“耳殻付マイク”) をしています。これは、ISO4869-3 (Hearing protectors) 準拠の、EEP-EEP が 145mm のイヤーマフやヘッドホン/イヤホンの遮音特性測定用の装置とよく似ており、図-10 のような形をしているのが特徴です。



図-10 “耳殻付マイク”としても使用できる 大型測定テーブル(Type4588S)

これら”耳殻付マイク”で收音される音は、耳殻モデル近傍や左右方向の音は生々しく聞こえるのですが、如何せん顔の部分がないため、通常のダミーヘッドマイクのように顔面部に到来した音波が回折効果により左右耳に到達する成分がないため、いわゆる中抜けの音になりがちでした。しかしこの”耳殻付マイク”は、従来ダミーヘッドのような人頭形状をしていないので、フィールド録音での違和感も少なく、また映像機材との親和性が良い点は、見習うべき所があります。そこで従来の”耳殻付マイク”の欠点である中抜け問題と、人頭の形を解決するために新たに開発したのが、SAMREC 1500 および 1700Pro です。これらは、従来から音質、音像定位共に高い評価を得ている SAMREC 2500 および 2700Pro の、両耳部を残してフットボール型にくり抜いた形になっており、意匠的にもフィールドに持ち出しても違和感がなく、かつ頂部にカメラシューが付いており、映像機器との親和性も格段に良くなっています。



図-11 エルゴノミクス形状HATS SAMREC Type1500/1700Pro

一方、また ASMR 收音の場合、例えば“耳かきの音”等の、ダミーヘッドマイクの各部に生じる骨伝導音を S/N 良くピックアップしたいという要望から、マイク以外に振動ピックアップを適切な場所に設置し、音と振動情報を同時に取り出せるタイプのダミーヘッドマイク：SAMREC Type1500V および Type1700ProV を開発しました。

5. ウォーキング收音へのお誘い

<收音は出来るだけ動か(さ)ないように！>

バイノーラル收音・再生系は、動く音(移動音源)を再現するのに優れた收音・再生方式です。

遠くから演奏しながら近づいてくるマーチングバンド、お祭り風景、花火大会、どれを録っても、通常のステレオ收音・再生では表現できない、臨場感とリアリティにあふれた音を録ることが可能です。では音源がほとんど動かない場合はどうでしょうか？

その場合は、音源にできるだけ近づいて録ることをお勧めします。それは、ダミーヘッドマイクはカメラの広角レンズの様に広い空間の音を一度に収録できますが、作品としては面白みが少ないので、ぐっと音源に近づいて録ることにより、音源に対する見込角度が狭まり、とてもリアルな音で收音が可能になるからです。



図-12 スタビライザーに取り付けた SAMREC Type1500の例

<音源が動かない場合は、ダミーヘッドを動かそう！>

またいつその事、ダミーヘッドマイクをスタビライザーに取り付けて、固定音源を移動音源に換えて録ることにより、音源の持つ魅力をさらに引き出すことも可能です。

6. まとめ

以下に、これまで述べてきたダミーヘッドマイクで收音する際の留意点と、バイノーラル再生の効果的再生法について、筆者の経験を含めて纏めてみました。

- 高域のハイ上がり（エンハンス）特性を、必要に応じて補正する必要がある

ダミーヘッドマイクや耳殻モデルの形状によりハイ上がりの特性になりがちなので、トーンバランスの補正を行うことはとても重要です（イコライザ or マイク自身による補正）

- 高域のハイ上がり（エンハンス）特性の補正は、録音時に行うと効果的

バイノーラル收音された（特に動画の）音声を収録後に補正するのは容易でないので、収録時に補正を行ないつつ、収録を行うと能率的で効果的です

- 出来るだけ動か（さ）ないように！して録る

ダミーヘッドマイクがブレると、収録される音にも音ブレが生じ、頭内定位しやすい。

ただし、スタビライザー使用ならブレも吸収されるので効果的です。

- 音源が動かない場合は、近づいて收音すると効果的

ダミーヘッドマイクは広い空間の音を一度に収録できますが、作品としては面白みが少ないので、ぐっと音源に近づいて録ると効果的です

- 音源が動かない場合は、ダミーヘッドマイク側が動いて收音すると効果的

固定された音源でも、ダミーヘッドマイク側が動いて録れば移動音源になるので、リアリティーも増して効果的です。

- 耳周辺音場を乱さないように！

音響的に不透明な物体を耳内部及び近傍に置くと、定位情報が乱れるので、近づけたり置いたりしてはいけません。

- 可能なら、映像と共に收音する

視覚情報付加により前方定位が改善されます

- スピーカ再生ではニアフィールド再生を推奨

ニアフィールド再生を行うなどして、出来るだけクロストークをなくす工夫をすると、スピーカ再生でも 3D 効果が楽しめる。要は左耳收音成分は左側のみに、右耳收音成分は右耳のみに加わる工夫をすると効果的です。

以上、本セミナーでお話したことが、あなたのバイノーラル收音のお役に立つことを願っております。

「参考文献」

- [1] IEC60318-7“Head and torso simulator for the measurement of air-conduction hearing aids”
- [2] ITU-T-REC-P.58, “Head and torso simulator for telephony”
- [3] 稲永潔文, “古くて新しいバイノーラルの魅力と 3D 再生”, JASJ 2012 Vol.52 No.3
- [4] 稲永潔文, “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” JASJ 2013_ Vol.53 No.3

- [5] IEC60318-4, “Simulators of human head and ear - Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by means of ear inserts
- [6] IEC60268-7 “Sound system equipment -Part7 Headphones and Earphones”.
- [7] 稲永潔文,他, “ヘッドホンおよびイヤホンに対応した新しい測定法の提案“, 信学技報 応用音響, March 2008
- [8] 稲永潔文,他, “IEC60318-7,60268-7 準拠新 HATS SAMAR に関する検討と考察“, 信学技報 応用音響, Jan. 2012
- [9] Wollherr, H.:Coupling a Microphone to the Outer Ear of a New Dummy Head.RMT 25 (1981)
- [10] Hudde, M.:Equalization of Artificial Heads without exact replication of the eardrum impedance. ACUSTICA 44(1980)
- [11] 稲永潔文, “HATS の周波数特性補正に関する一考察 —音響トラップ付双指向性マイクによる補正—“, 音講論 (春) 2020
- [12] ISO4869-3, ”2007 Acoustics — Hearing protectors — Part 3: Measurement of insertion loss of ear-muff type protectors using an acoustic test fixture”

執筆者プロフィール

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