

録音時の音の波面を再現するオーディオシステムの実装

Implementation of an Audio System that Generates Sound Wavefronts During Recording

橋本 昌嗣 HASHIMOTO Masatsugu

デジタルハリウッド大学大学院 教授 / 株式会社エヌジーシー 代表取締役社長 /
北陸先端科学技術大学院大学 産学官連携客員教授
Digital Hollywood University, Graduate School, Professor / NGC Corporation CEO /
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Visiting Professor

冬木 真吾 FUYUKI Shingo

日本コロムビア株式会社 スタジオ技術部長
Nippon Columbia Co Ltd., Studio Engineering Department Director

青木 俊博 AOKI Toshihiro

深い感性のテクノロジー研究会員
Deep Sensitivity Technology Study Group, Member

斎藤 智秀 SAITO Tomohide

株式会社エヌジーシー 社長付
NGC Corporation, CEO Staff

村田 義満 MURATA Yoshimitsu

NECフィールディング株式会社 執行役員
NEC Fielding, Ltd., Operating Officer

宮原 誠 MIYAHARA Makoto

北陸先端科学技術大学院大学 名誉教授
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Emeritus Professor

従来のオーディオ研究は、「鼓膜でどのように聞こえるか」を主にした研究であった。私たちは、「聴覚のみならず、知覚を経て得られる、感動」についてを視野に入れ、感性音響論として研究を進めてきた。聴覚、知覚を経て得られる感動を実現するには、私たちは、録音時の音の波面の再現を目指すことを考えた。それは、波面による鼓膜と皮膚への圧力が一体となって、内臓、脳幹に伝わり生命の感性に訴えて、驚き、感激する音が伝達するというモデルである。私たちは、録音時の音の波面を再現するために、波面精度がnsecで必要であることを実験から得て、それを実現するためのオーディオシステムを実装した。その結果、職業や年齢、性別問わず、本オーディオシステムで試聴すると鳥肌が立つという現象が確認できた。さらに、「聴覚のみならず、知覚を経て得られる、感動」については、高い音楽知識を持つ方々にはもたらすことができた。

1. はじめに

1.1 従来オーディオの研究

従来、「聴覚」は鼓膜で音がどう聞こえるかの物理であり、聞こえ方とその音の物理と知覚までは説明されている。従来オーディオは、これに電気音響工学の理論が加わり成立している。

1.2 私たちが目指す感性音響論

「鳥肌の立つ音」とよく言われる。これは身体全体で音を感じていることを示す、誰にでもわかる用例である。iPhoneの登場により、多くの人が聴く音楽は鼓膜のみになってしまった。その一方で、ライブやコンサートのニーズは年々増えており、私たちは、身体全体で音楽を感じることは、楽しく、感動することを本能的に知っている。

従来の周波数特性による音の研究にも限界や解明できない領域がある。例えば、指揮者がカッカカッと靴音を立てながら現れ、演奏がはじまる前の一瞬の静けさの時に、鳥肌が立つこともあるからだ。また、同様に、周波数特性だけが全てでないことは、SACD、DVD-Audioが普及しなかったことから言える。これは、フォトリアルや写真よりも、荒い筆致のゴッホの絵画の方が心を揺さぶることと同義だと考える。近年、見直されているレコードのよさも同じものであろう。

私たちは、聴覚のみならず、知覚を経て得られる、感動について視野に入れ、感性音響論として研究を進めている^[1]。

1.3 録音時の音の忠実な再現

聴覚、知覚を経て得られる感動を実現するには、私たちは、録音時の音の波面の再現を目指すことを考えた。近年は、デジタル録音によりコンピュータ上で加工、編集され、録音時の音の波面が崩壊している音源もある。私たちが、実装した録音時の音の波面を再現

するオーディオシステムが理想とする音源は、ワンポイントステレオマイクでL.Rが忠実に録音された音源である。

歌唱や演奏に乗せた気持ちを大切にするために、必ず通して歌い、編集は絶対に行わないというアーティストもいる^[2]。私たちの感性音響論に非常に近い考え方である。

2. 音の波面を再現するオーディオシステムの提案

2.1 「波面を聴いている聴覚モデル」の提案

従来の、鼓膜で聴く「聴覚」は、鼓膜に32個の共振器があり、その整流和(強度のみ)を聴いているというものである^[3]。

私たちは、新たに「波面を聴いているとする聴覚モデル」を提案した。それは、波面による鼓膜と皮膚への圧力が一体となって、内臓、脳幹に伝わり生命の感性に訴えて、驚き、感激する音が伝達されるというモデルである。私たちの目指すオーディオシステムは、「鼓膜を主とした聴覚」ではなく「音楽が身体を通じ、突き動かす心象」まで視野に入れている。

2.2 音の波面

従来のオーディオの手法と私たちの提案する手法を比較した、音の波面のシミュレーションを実施した。図1の左側の従来のオーディオの設置方法では、スピーカーと聴者を正三角形に配置している。この場合、L.Rのスピーカーからの球面波が干渉している^[4]。右側は、私たちが提案する手法で、スピーカーの背面の壁を使って波面がそろるように配置した場合の波面である。平面波近似の波面がきれいに再生されているのがわかる。本手法に基づいて、聴空間の空気を振動させることにより、音圧に任せることなく、小さな音でも皮膚で体感できる音場の再現に成功した。

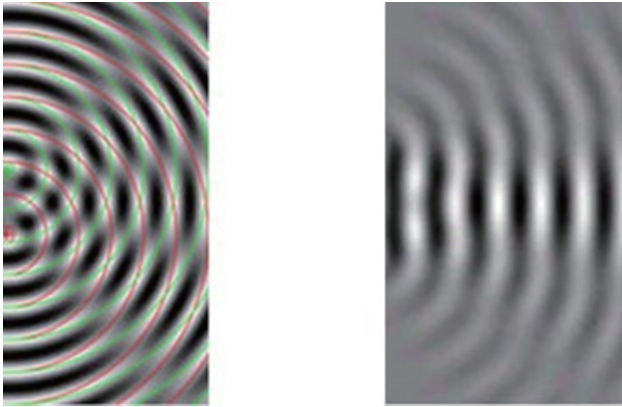


図1:音の波面のシミュレーション図
(左図:干渉波面、右図:平面波面)



図2:音の波面を再現するオーディオシステム
(Extra Hi System M Ver.III)

2.3 波面の発生精度

音の波面を再現する実験を実施し、波面精度がnsec単位で再生されないと、被験者が感動しないことを確かめた。従来のオーディオの手法では、スーパーツイーターを追加しても、ただ分量(スペクトルパワー)として追加されるだけで、効果に乏しい。波面に注目したセッティングによって、はじめて感動をもたらす音になる。

また、波面を正確に作るには、波面の先頭の突発的瞬時信号の再生が必須である。これは、私たちは、小澤征爾氏が「音楽には子音が重要」^[5]とされていることと同義であると考えている。

3. 音の波面を再現するオーディオシステムの実装

宮原のNHK放送技術研究所、長岡技術科学大学、北陸先端科学技術大学院大学での50年以上の研究生生活を経て、図2の「音の波面を再現するオーディオシステム」の実装を行った^[6]。アンプ等は製品のパネルをそのまま利用しているが、内部は作り直している。本システムは橋本が代表を務める株式会社エヌジーシーの会議室に設置してある。

3.1 本オーディオの設計思想

私たちの提案する「音の波面を再現するオーディオシステム」は、いかにして録音時の音の波面と同じ波面を発生させるかという目的のもと設計されている。

3.2 本オーディオの構成

本オーディオは、アンプ、スピーカー、DAコンバータ、CDプレーヤー、単三200V-100V変換トランスからなる。アンプ部は、中・高音アンプと低音アンプから成り、スピーカー部は、スーパーツイーター、中音ウツドホーン付きスクーカー、低音スピーカーから構成されている。チャンネルディバイダー(CH. Divider)は、精細な時間再現を得て、本件の音質を得るために必須である。系統図を図3に示す。

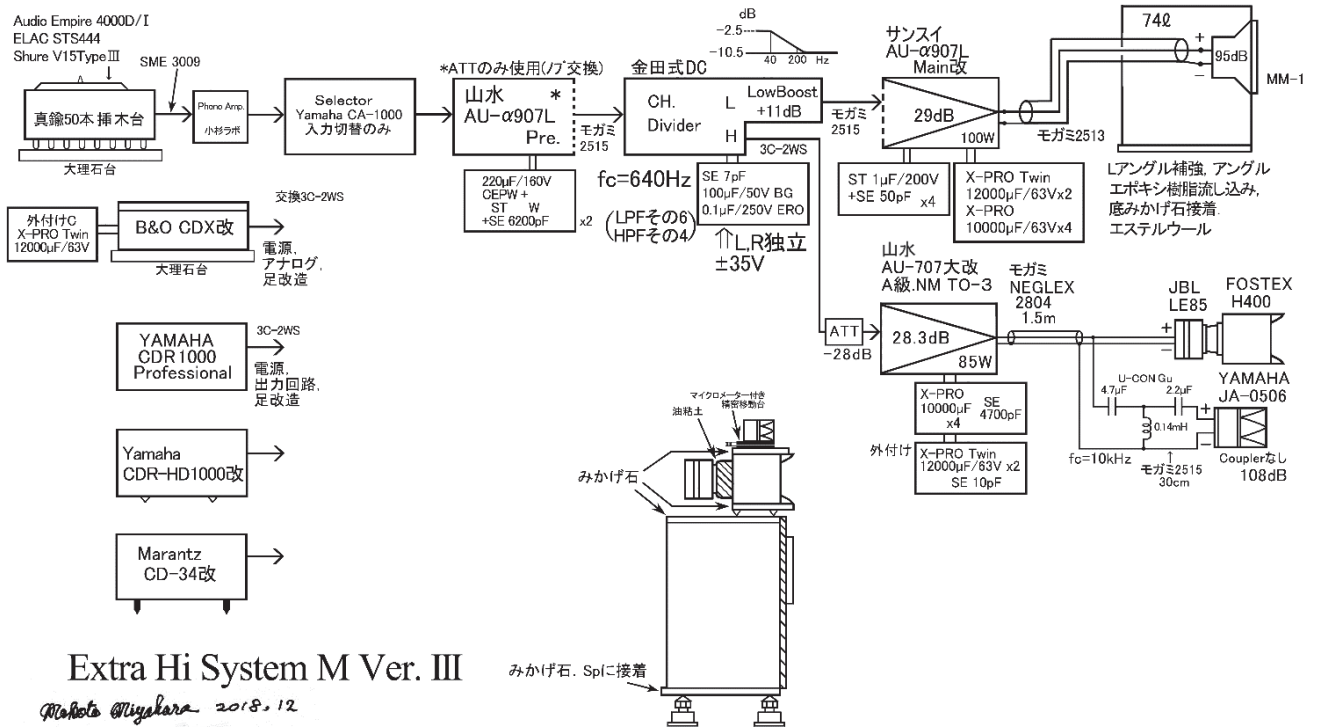


図3:音の波面を再現するオーディオシステムの系統図

3.3 アンプ部について

アンプ部は、中・高音アンプと低音アンプで構成している。

アンプ等の筐体振動は、信号波形の歪(微細な時間信号を壊す)となり、最終的にスピーカーから発して波面を乱す。その対策には、従来オーディオのような防振ゴムの支持では防止できない。そのため、筐体の振動の節(ふし)の点支持が必須となる。これにより波面が正確になり、音場は明確に再現される。そのためにはしっかりした材料が必須であり、例えば、つまみはアルミの無垢の旋盤仕上げを実施している。

アンプに必要なnsec精度の波面を伝える回路的条件は、CDプレーヤーでも同様である。それに加え、機械的可動体であるため、振動を発生する。それによる信号のジッターは、時間精度:nsecを要求する。現状ではこの精度は一桁悪い。それでは驚き、感激する音にならない。本オーディオシステム(Extra Hi System M Ver. III)では、時間精度nsecを追及していることから、その結果として、感動の波面、空気感が出る。アクチュエーターの動きには、グリスを使わずに、鏡面仕上げで、微小炭素粒子を使っている。

コンデンサー、抵抗は並列にしてはならない。伝搬速度が異なり波面を壊すからである。特に従来オーディオでは、電解コンデンサーの周波数特性が悪いからと、フィルムコンデンサーを並列にするが、これは波面を全く考えておらずやっつけてはいけない。なぜなら、電解コンデンサーとフィルムコンデンサーは著しく伝搬速度が違い、波形をひずませ、波面をひずませるからである。結果的に空気感が出なくなるのである。

3.4 スピーカー部について

スピーカーユニットの実験での最高精度相対的前後位置は0.001mm、音速換算の時間精度はnsecに及ぶ。したがって、ウーファー、スクーカー、ツイーターの相対的前後位置は、総合波面を合わせるために、0.001mm精度を必要とする。従来オーディオのようにそれらを同一パツフルに取り付けたのでは合成波面は合わなくなるのである。スクーカー、ツイーターはそれぞれ図4および図5のとおり設置している。また、不要振動をしないため、各ユニットは強固、リジッドなものを必要とする。



図4:スクーカーの設置方法

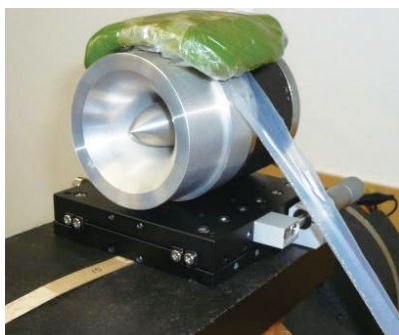


図5:ツイーターの大理石上点支持設置方法

図5に示すように、ツイーターの大理石上点指示設置方法は、マイクロメーターヘッドに乗せ、前後位置の調整を行う。さらに、音像がぼけるので油粘土で防振した。Boxは、単にスピーカーユニットを囲うのではない、resonatorである。強固に作り、3点支持を基本に、図6のようにスピーカーは大理石盤上に設置している。

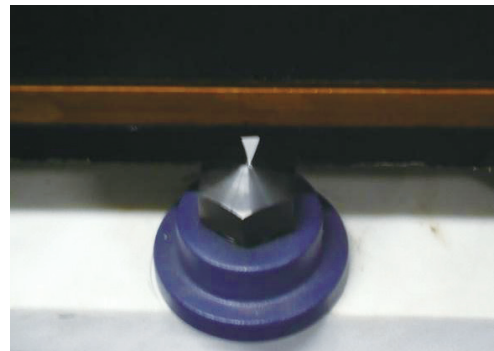


図6:スピーカーの大理石盤上での点支持設置方法

3.5 ケーブルの選択について

ケーブルは、信号を伝達するので、電流が流れるのは当然で、その電流が波面を運んで流れるイメージで選ぶ。そのため、製造時の銅線の向きも進行方向に合わせよう。波形伝送ゆえ同軸型がよく、特性インピーダンスも考える。スピーカーコードに使っているモガミNEGLEX2804は同軸型で、特性インピーダンスは15Ωのものを選定している。

3.6 電源について

電源は200Vを100Vに変換し、利用している。

自動車用バッテリーでの実験を実施したが、電源は安定するが、稼働時間は短い。

あらゆる装置は、電源投入時にショックが出る。したがって入力側から順次入れ 安定したら次を入れることを推奨する。

精密な波面を出すために、メインアンプのパワートランジスターの動作電流を、従来型の100倍位の精度でセットしている。温度で、特性が変わるので、その動作電流をモニターしている。動作電流を、多めに流しているの、最適動作点からずれることとパワートランジスターを飛ばすことを防止している。

3.7 設置環境

本オーディオシステムは、本システムを設置した背面の壁面を利用し、平面波面を発生させる。図2のオーディオシステムの壁面の上部に、木片がぶらさげているが、部屋の水平エッジが音場の左右方向の広がりや狭くするのを防ぐためである。複数本使う。

4. 本オーディオシステムと相性のよいCD

4.1 本オーディオシステムと相性のよいCDについて

本オーディオシステムと相性のよいCDは、波面が自然で過度な加工をしていないCD、したがってワンポイントステレオマイクで録音されたものと相性がよい。本オーディオと相性のよいCDの例を次に示す。

- (1) (アルバム名)Virtuose Celloromantik(レーベル)ORFEO(型番)LC 8175(トラック)Track1:ジャクリーヌの涙(製造販売元・年)ORFEO 日本フォノグラム 1988
- (2) (アルバム名)WatermarkEnya(レーベル)WEA(型番)25P2-2465(トラック)Track8:イブニングフォールス、Track11:Na Laetha Geal M'oige(製造販売元・年)ワーナーコミュニケーション 1989

- (3) (アルバム名)ベートーヴェン:ピアノ協奏曲第5番「皇帝」(レーベル)LONDON(型番)F35L-50001(トラック)Track2:第二楽章(製造販売元・年)made in W. Germany by Polygram, ポリドール 1984
- (4) (アルバム名)CANTATE DOMINO/Oscar's Motet Choir(レーベル)Proprius Musik(型番)PROP 7762,PRCD 7762(トラック)Track9:Julsång (Christmas Song)(製造販売元・年)Proprius Musik AB Stockholm Sweden 1976 and 1985
- (5) (アルバム名)決定版ONDEKOZA/鬼太鼓座(レーベル)Victor(型番)VICG-8042(トラック)Track3:弓ヶ浜(製造販売元・年)ビクターエンタテインメント 1991
- (6) (アルバム名)Warm Breeze/Count Basie & His Orchestra(レーベル)PABLO TODAY(型番)VDJ-2 8021(トラック)Track1,3,5(製造販売元・年)ビクター音楽産業(ジャズ)1981
- (7) (アルバム名)Hotel California/Eagles(レーベル)Geffen Records(型番)(トラック)Track6:Hotel California(製造販売元・年)1995
- (8) (アルバム名)鬼平犯科帳/インスピレーション/津島利章,ジブシー・キングス(レーベル)Epic(型番)ESCA 6357/STEREO,(トラック)Track28:インスピレーション(製造販売元・年)Sony Music Entertainment (Japan Inc.)/フジテレビ/松竹株式会社 1997
- (9) (アルバム名)Alfred Brendel Mozart Piano Sonatas(レーベル)Philips(型番)412 535-2(トラック)Track 5:Adagio(製造販売元・年)1984
- (10) (アルバム名)BACH Six Sonatas & Partitas For Violin Unaccompanied(レーベル)King Record(型番)K28Y 221/3(トラック)Disc-Track9(製造販売元・年)キングレコード
- (11) (アルバム名)Gabriel Fauré/REQUIEM(レーベル)Deutsche Grammophon(型番)F35G20085(トラック)Track4(製造販売元・年)Polydor KK 1986
- (12) (アルバム名)it's time / michael bublé (レーベル)reprise records, WEA(型番)(トラック)Track 5:home, Track6: can't buy me love(製造販売元・年)reprise records 2005

4.2 CDの版について

本オーディオシステムは、録音時の音の波面を再生するので、音の違いを明確に表現できる。本システムで試聴を行うと、同じCDでも海外でプレスされたもの、日本でプレスされたもので音が異なることを明確に感じることができる。図7のEaglesは海外盤と国内盤では音が異なる。



図7:海外盤と国内版で音が異なるEaglesのCD

5. 本オーディオシステムの評価

本オーディオシステムの試聴会を理工学系研究者、オーディオメーカーのエンジニア、東京藝術大学等の学生向けに実施した。

職業や年齢、性別問わず、本オーディオシステムで試聴すると鳥肌が立つという現象が確認できた。特に、鳥肌の出現率が高いCDは、4.1中の「決定版 ONDEKOZA/鬼太鼓座」であった。

博報堂のヨーヨー・マのコンサートの担当者だった方からは、部屋

の中で、ヨーヨー・マにチェロを弾いてもらったシーンが蘇ったとのコメントをいただいた。

さらに、音楽の知見があり、普段楽譜も読んでいる東京藝術大学の学生からは興味深いコメントが寄せられた。

声楽科の学生からは、「素晴らしいオペラのCDを聴いたとき、コンサートでまわりの声楽家の声と一体となり人生で数度しか体験したことのない感覚が蘇り、涙が溢れてきた」とのコメントをいただいた。また、尺八を専攻している学生からは、「これまで自分が聴いていたオーディオシステムでは気づかなかった音が録音されていることに気づき、持参したCDが同じものだとは思えなかった」というコメントをいただいた。

多くの方が本オーディオシステムの視聴後に鳥肌が立ったとの結果が得られた。その要因としては、音の波面の再現が実現できたことにより、空間の空気が振動し、身体全体で感じていることが考えられる。また、私たちが目指す、「聴覚のみならず、知覚を経て得られる感動」については、高い音楽知識を持つ方々にはもたらすことができたと考える。

6. おわりに

本稿は、宮原先生の弟子である、橋本、冬木、青木が先生の50年以上の試行錯誤から得られた経験・ビジョンに基づき、一緒に実施した施策や実験内容を、宮原先生に敬意を表し、橋本を中心に、弟子たちの視点からまとめたものである。冬木、橋本は、レコード会社での勤務経験があり、特に冬木は録音や音楽制作の知見のもとに議論を重ねてきた。斎藤は、本オーディオシステムの評価を行うために、楽譜を読み、演奏および歌唱経験のある東京藝術大学および東京音楽大学の学生および卒業生を被験者とする実験の計画および実施を行った。村田はオーディオ開発の経験より、特にコンデンサーの選定および実装方法の議論、各種実験を実施した。

宮原先生は、現在でも本オーディオシステムの改善、整備に取り組まれている。本オーディオシステムを体験したい方は、株式会社エヌジーシーまでご連絡いただきたい。

参考文献

- [1] 宮原誠、加藤俊一、『深い感動を引き起こす音の再現に向けた心理物理的キー評価語の発見と新・電気音響—“漂うような空気感”、“胸にしみこむ”—』深い感性特集号、日本感性工学会会誌(2011年),129-133頁。
- [2] テレビ朝日『関ジャム完全燃SHOW』(2022年7月24日放送)
- [3] 樋渡 洵二、『視聴覚情報概論』昭晃堂(1987年)
- [4] 宮原誠:『感性音響論 突破的オーディオ再生を求めて』静岡学術出版(2017年), 47-49頁
- [5] 小澤征爾×村上春樹、『小澤征爾さんと、音楽について話をする』、新潮社(2011年)
- [6] 宮原誠:蓮見智幸、国藤進、日比野靖:『未来 映像・音響の創作と双方向臨場感通信を目的とした高品位Audio-Visualの研究(JSPS-RFTE97P00601)報告書』、日本学術振興会報告書(2001年12月)