

俯瞰的立体音響体験：物体音響による新しい聴覚提示手法

白濱 ひなた* 佐藤 俊樹*

概要. 本研究では、立体的形状を有する音源物体から発される立体的な聴覚情報を聴取者が能動的に聞き取る動作に着目し、これを「物体音響」と名付け、この体験を再現・拡張可能な聴覚提示デバイスの試作開発を行った。本稿では、提案する物体音響体験の位置づけと可能性、デバイスの試作開発について述べ、応用可能性について考察を行った。

1 はじめに

空間中の様々な場所に存在する音源の位置関係を3次的に再現し、その空間に仮想的に没入したユーザに立体的な広がりや臨場感のある音を提示する立体音響技術(図1(a))の研究が行われてきた[5][6][7]。

一方で、機械式時計のように、我々の身の回りには「音を出す物・道具(音源物体)」が様々な存在している。例えば機械時計から出る音を聞き取りたいときは、我々は時計を自然と手に取り、耳元に近づけたりするだろう。こうすることで、一見単純な音に聞こえた時計の音(チックタック)も、時計内部に3次的に配置された複数の歯車やカム等の動作音から成る立体的かつ複雑な音であることに気づくのではないだろうか。

このような音源物体との対話は、空間中に入り込み周囲の音を聞く「没入的な立体音響体験」とは異なり、音源物体を外から俯瞰し、物体周囲から立体的に漏れ出る音を能動的に聞きに行く体験、つまり「俯瞰的な立体音響体験」と呼べるのではないかな。

そこで本研究では、この俯瞰的かつ物理的な立体音響体験を「物体音響」体験(図1(b))と呼び、これを聴覚情報提示デバイスで再現可能にすることで、「人と音源物体」との音を介した一対一の直接対話の拡張を試みる。

2 「物体音響」の特徴と構成要素

「物体音響」を特徴づける重要な性質が二つある。第一に「音源物体の存在感」がある。一般的なスピーカ等による音楽体験では、聴取者は多くの場合、音を発するデバイスそのものを意識せず、スピーカから出る音情報にのみ注意を向ける。これに対し、物体音響体験での対話対象は、音源物体から出る音だけでなく、その音を発している音源物体そのものが

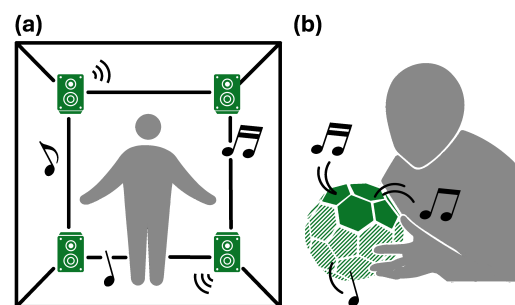


図 1. 立体音響 (a) と物体音響 (b) のイメージ図。

含まれる点で異なる。

第二に、「一望不可能性」がある。音源物体が立体的な形状である場合、その物体はユーザに対して「隠れて直接見えない(聴取できない)面」、つまり死角を必ず有することになる(図1(b)斜線部)。これは聴取者が何かしらの動作なしでは物体の出す音の全貌を把握できないということであり、一見するとこの要素は欠点に思われるかもしれない。しかしこの制約こそが、聞こえない部分に対する聴取者の能動的・探索的な聴取行動を促す要因となり、物体を手に取り回転させる、のぞき込む等の音を探す動作が自然に誘発される。また、探索による新たな音の発見が次の死角への興味を呼び起こし、最終的にこの探索と発見のループが一対一の対話体験の持続時間の延長に寄与すると考える。

3 関連研究

多面体や球面形状など、形状に工夫を加えたスピーカに関する研究は、Bouillot ら [1], Cook ら [2], 牧ら [3] をはじめ古くから行われている。これらの研究は主に指向性制御や音響空間の再現などの音響学的側面に焦点を当てたものであり、聴取者の能動的行為やインタラクションを考慮した例は少ない。わずかな例として Schmeder[4] の研究が挙げられるが、同研究は聴覚情報と知覚変化の関係性に主

眼を置いており、音を発する物体の再現や、物体との対話的体験を目的としたものではない。

本研究は「音を出す物体とユーザ間の一対一の対話」に着目し、ユーザがデバイスを把持・操作することで音の変化を直接体験できる点に特徴を持つ。また、聴覚情報のみならず、音を発するモノそのものの対話を通じて、新たな音響体験の可能性を探求する点で独自性がある。

4 物体音響デバイスの設計と試作開発

図2(a, b)に提案デバイスの構造を、図2(c)に外観と使用例を示す。本デバイスは直径約220 mm、重量約1770 gの両手での把持が容易な切頂二十面体(5角形と6角形から成るサッカーボール形状)として実装し、把持することで即時的な回転等の物体操作を可能にし、自然な探索動作が行えるようにした。

試作したデバイスの構造は、外殻(図2(a))と内部音源部(図2(b))から成る。外殻は3D CADで設計し、3Dプリンタで成型した辺・頂点パーツを接着して骨組みを形成し、五角形・六角形の面パーツを外側からはめ込む構造とした。

図3に外殻内部に収納される内部音源部のシステム構成を示す。音源再生にはRobertsonics社製Tsunami Super WAV Triggerを用いた。各Tsunamiモジュールに制御用マイコン(Arduino Nano)、小型アンプ(AE-PAM8012)、小型スピーカ(MSI28-12R)8基を接続してユニットを構成し、4ユニットを立方体状に配置することで計32基のスピーカから異なる音を同時再生可能にした。デバイスは制御用計算機と無線通信可能な送受信機と小型電源を内蔵し、完全に独立したデバイスとなっている。

5 アプリケーション案

次に、物体音響の特徴を活かせる応用例について考える。物体音響体験は、ユーザと音源物体との間の一対一の対話であるため、このインタラクションの成立条件として、まずユーザがその音響物体(音や音源物体そのもの、再現する対象)に対してどの程度の興味・思い入れ・こだわりを持っているかが重要な要素になると考える。そのため、将来的にはデバイスの形状や再生する音を、各ユーザの個人的嗜好に合わせて容易に再構成可能にするツール等の提供が必須であると考え。これを踏まえて、次のような応用例を提案する。

まず、思い出の物・道具の姿・形状・音を物体音響デバイスとして遺す案が考えられる。例えば、乗れなくなってしまったかつての愛車のエンジン音やギアチェンジの音などを録音し、その形状含め音響物体デバイスとして残すことで、愛車との思い出やともに居た時間を振り返る「立体的な音のアルバム」として機能し得ると考える。

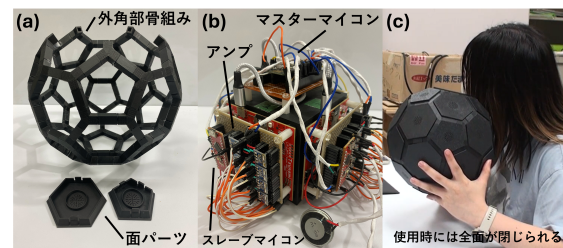


図2. 提案デバイスの構造 (a: 外殻部, b: 音源部
c: a, bを組み合わせた状態(使用時))

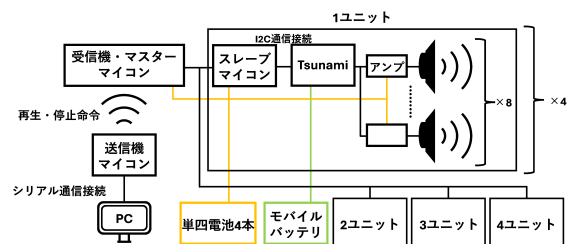


図3. システム全体の概略図

次に、物・道具に限らず、ある場所、ある瞬間の音・音楽を物体音響デバイスとして残す案も考えられる。例えば、クラス全員で参加する合唱コンクール等で、子供たち一人一人の歌声を録音し、物体音響デバイス上に再配置して再生できるようにする案も考えられる。同様に、卒業式の「寄せ書きメッセージ」を記録した音声データや、直接会場で聴いた好きなアーティストのライブ演奏等も、没入的な物体音響体験が可能なコンテンツになり得ると考える。

またこのような音楽・歌声などの音声データを再生するデバイスの形状としては、今回試作を行った特定の何かを模さない抽象的な球体型デバイス上に再配置する手法に加え、コンサート会場を模した形状のデバイス上で再生する手法も有効であると考え。本来没入して体験するコンサート会場などの広い空間も、把持可能なデバイスとして再現することで物体音響体験に変換が可能になる。

6 おわりに

本稿では、人と音源物体との直接的な対話に着目した立体音響体験である「物体音響」の提案を行い、これを再現可能なデバイスの試作開発について、また従来の応用可能性について述べた。今後は、デバイスへの聴覚情報のマッピングをサポートするGUIツール等を構築するとともに、具体的な聞き取り動作の定義を含む物体音響インタラクションの具体的なデザインを行い、提案アプリケーション案の実装およびツールを含めたユーザ評価を行っていく。

参考文献

- [1] N. Bouillot, T. Piquet, and P. Gilbert. Audiodice: an open hardware design of a distributed dodecahedron loudspeaker orchestra. In *Proceedings of the 18th International Audio Mostly Conference*, AM '23, p. 154–160, New York, NY, USA, 2023. Association for Computing Machinery.
- [2] P. Cook, G. Essl, G. Tzanetakis, and D. True-man. N >> 2 : Multi-speaker Display Systems for Virtual Reality and Spatial Audio Projection, 12 1998.
- [3] K. Maki, T. Kimura, and M. Katsumoto. Reproduction of sound radiation directivities of musical instruments by a spherical loudspeaker with multiple transducers. In *Proceedings of the 9th ACM SIGGRAPH Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry*, VRCAI '10, p. 85–88, New York, NY, USA, 2010. Association for Computing Machinery.
- [4] A. Schmeder. AN EXPLORATION OF DESIGN PARAMETERS FOR HUMAN-INTERACTIVE SYSTEMS WITH COMPACT SPHERICAL LOUDSPEAKER ARRAYS. 2018.
- [5] 横山達也, 小室弘行. 日本オーディオ協会 360 Reality Audio のご紹介. https://www.jas-audio.or.jp/journal.contents/journal202011_pos_t14168, 2020.
- [6] 尾本 章. 立体音場再生技術の現状と展望. p. 19–24. 日本音響材料協会, 2024.
- [7] 鈴木 陽一, トレビーニョ ホルヘ, 坂本 修一. 高臨場感空間音響技術の最新動向と将来展望. p. 786–792. 電磁情報通信学会誌, 2018.