

超音波スピーカを利用した オーディオスポット構築における反射の制御

The reflection control for design of audio spot with parametric loudspeakers

栗元総太¹⁾, 杉林裕太郎¹⁾, 森勢将雅¹⁾, 西浦敬信¹⁾, 柴田史久¹⁾, 田村秀行¹⁾

Sota KURIMOTO, Yutaro SUGIBAYASHI, Masanori MORISE,

Takanobu NISHIURA, Fumihisa SHIBATA and Hideyuki TAMURA

1) 立命館大学大学院 理工学研究科

(〒 525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1, cm005068@ed.ritsumeai.ac.jp)

Abstract : We have studied Audio-Visual Mixed Reality by using parametric loudspeakers. Since a sound emitted by a parametric loudspeaker has the sharper directivity, it is transmitted to only a specific area. It is possible to present a sound by reflection because the emitted sound also has the reflectivity. However, a sound is reflected toward the undesired area because of the reflectivity. To overcome this problem, we tried to control reflected sounds with Active Noise Control by parametric loudspeakers. We conducted an experiment to verify whether the proposed method can suppress the reflected sound. As a result, it was confirmed that the reflected sounds are suppressed.

Key Words: *Audio-Visual Mixed Reality, Parametric Loudspeaker, Active Noise Control*

1. はじめに

聴覚情報を加えた視覚的 MR(Mixed Reality) は、従来の視覚的 MR より高い没入感を与えることができる技術として注目されている。特に、我々は聴覚情報を付与した視聴覚併用複合現実型情報提示の研究を推進している [1]。従来の聴覚的 MR では、ヘッドホンで特定の体験者のみに音を提示していた。しかし、ヘッドホン装着によって現実空間の音の受聴が困難になるため、表現力の高い聴覚的 MR の達成は困難な状況であった。ヘッドホンを装着することなく、音の提示が可能となれば、表現力の高い聴覚的 MR の実現が期待できる。

そこで我々は、特定の領域のみに音を提示すること (オーディオスポット構築) が可能な超音波スピーカに着目した [2]。超音波スピーカの利用によって、ヘッドホンを装着せず特定の体験者のみに音を提示が可能となる。また、反射音も指向性を有するため、壁面上に音像を構築することで、あたかも壁面から音が提示されているかのように体験者に知覚させることが可能となる。しかし、ある場所 (図 1.Area A) にオーディオスポットを構築する際、反射面の影響によって意図しない音場 (図 1.Area B) へ音が反射する。この反射音によってその場にいる体験者は不必要な音を受聴するので、高い没入感を得られない問題が生じる。意図しない音場へ反射した音を抑圧できれば、各々の音場に適した音のみの受聴が可能となり、高い没入感を得ることが期待できる。そ

こで本研究では、オーディオスポット構築における不要反射音の抑圧を目指す。

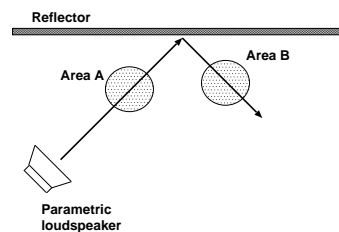


図 1: 不要反射音の発生例

2. 超音波スピーカ

2.1 超音波スピーカの原理

超音波スピーカは、超指向性を有する超音波を搬送波として用い、可聴音を特定の領域のみに提示することを実現する [2]。超音波スピーカで音を提示する際、可聴音は超音波領域に振幅変調され、空気中に放射される。空気中に放射された振幅変調波は、空気の非線形性によって差音を発生させる。この発生した差音が、可聴音として復調される。差音は搬送波の放射範囲のみで発生するため、復調された可聴音は超指向性を有することとなる。この原理に基づき、超音波スピーカは、特定の領域のみに可聴音を提示することが可能となる。

2.2 超音波スピーカの問題点

超音波スピーカから出力された音は、超指向性と反射性を有する。これらの性質を有することで、特定の領域のみに音を提示し、また、反射を利用した音の提示が可能となる。しかし、意図する場所に提示した音が、反射面やスピーカの放射方向によって意図しない音場へ反射した場合、その場所にいる人は不要な音を受聴することになる。したがって、不要反射音を受聴されないようにするためには、反射音を抑圧する必要がある。そこで本稿では、意図しない音場へ反射した音の抑圧法を提案する。

3. 提案手法

不要反射音の制御方法として、能動騒音制御 (Active Noise Control; ANC) を利用する。ANC とは、騒音に対して同振幅・逆位相の音を干渉させることで騒音を相殺する技術である [3]。提案手法による制御の概要を図 2 に示す。本研究では、超音波スピーカから出力された音に対して超音波スピーカを用いて制御を行う。超指向性を有する超音波スピーカで制御を行うことで、制御点以外の音圧の増大を防ぐことが可能となる。本研究における抑圧式を以下に示す。制御される音 $X(z)$ 、1 次経路 $P(z)$ 、2 次経路 $S(z)$ 、設計するフィルタ $H(z)$ とすると、制御点で観測される信号 $E(z)$ は、

$$E(z) = X(z)P(z) - X(z)H(z)S(z), \quad (1)$$

と示される。本手法では、制御される音は既知であり、また、制御点を定めているため事前に制御音を作成可能となる。その制御音を作成するために必要なフィルタ $H(z)$ は、

$$H(z) = \frac{1}{S(z)}, \quad (2)$$

となる。このフィルタを設計することで、制御点にて不要反射音を抑圧する。

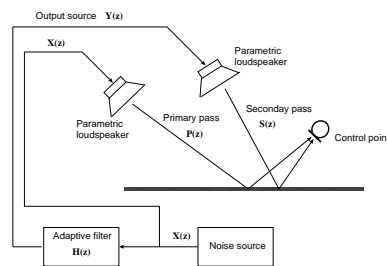


図 2: 提案手法の概要

4. 反射音抑圧実験

4.1 実験条件

提案手法の有効性を確認するために評価実験を行った。実験のスピーカ配置図を図 3(a)、騒音源と制御点の関係図を図 3(b)、実験条件を表 1 に示す。実験手順は、騒音源を図 3(b) の Noise point 1 ~ 5 に設置し、Control point 1 ~ 5 を制御点として定める。また、制御スピーカは図 3(b) の Control source の位置に固定し、制御スピーカの放射方向は、制御音の 1 次反射音が制御点に到来するよう調整を行った。

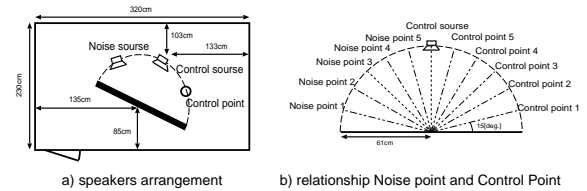


図 3: 実験環境

表 1: 実験条件

Parametric loudspeaker	MITSUBISHI, MSP-50E
Microphone	HOSHIDEN, KUC-1333
Recording condition	96kHz, 16bit
noise source	White noise

4.2 実験結果

各制御点における抑圧量を図 4 に示す。また、評価実験を実施する前に、予備実験として、超音波スピーカを用いた直接音抑圧実験を行った結果、3.16dB の抑圧を確認した。今回の評価実験結果における全制御点の平均は 3.00dB である。この結果は直接音抑圧実験とほぼ同等な結果であるため、反射音の抑圧も直接音の抑圧と同様に可能であると確認できた。また、各制御点の抑圧量に大きな差がないため角度に依存せず抑圧可能であることが確認できた。

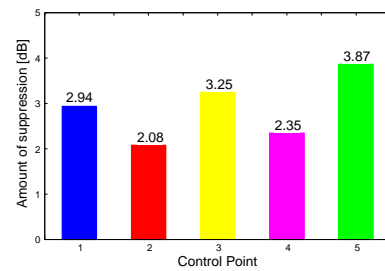


図 4: 実験結果

5. まとめ

本稿では、オーディオスポット構築における反射音抑圧の提案を行った。提案手法の有効性を確認するため、反射音抑圧実験を行った。その結果、角度に依存することなく反射音の抑圧が可能であることを確認できた。今後は、抑圧量の向上や制御エリアの拡大を目指して、制御スピーカの設置方法の検討を行う。

謝辞 本研究の一部は科研費による支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] 比嘉恭太 他: 視覚・聴覚の現実と仮想を融合する 2×2 方式複合現実感システムの実現, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 13, No. 2, pp. 227-237, 2008.
- [2] 鎌倉友男 他: パラメトリックスピーカの原理と応用, 電子情報通信学会技術研究報告, EA2005-100, pp. 25-30, 2006.
- [3] 西村正治 他: アクティブノイズコントロール, コロナ社, 2006.