

境界音場制御の原理を利用した音場の局所再生および音の指向性制御方法の研究*

橋本泰治 (学籍番号 200721552)

研究指導教員：田中和世

副研究指導教員：三河正彦

1. はじめに

特定の領域のみに音を再生する技術として「音場の局所再生」や「音の指向性制御」がある。この技術を応用すれば、空間を物理的に遮蔽することなく、不必要な範囲への音の拡散を防ぐことが可能となる。また、これにより反射等の未知の影響を受けにくく、再生音の音質向上への繋がると考えられる。これらの技術の実現方法の1つとして境界音場制御の原理を用いた方法が提案されている[1][2]。

そこで、本研究では音場の局所再生と音の指向性制御のそれぞれについて、従来法の問題を挙げその解決方法を提案する。また、提案手法について計算機シミュレーションによりその有効性を検証した。

2. 原理

境界音場制御の原理は、対象とする領域を囲む境界上の音圧と音圧勾配を制御することにより、3次元音場内の任意の領域内の音圧を制御できることを示す[3]。この原理を用いたシステムは複数の制御音源を用いて、対象とする領域を囲む境界上に設定された点“制御点”の値を制御する。このとき、制御音源の出力を決定する制御フィルタ $H(\omega)$ は制御音源から制御点までの空間の伝達特性 $G(\omega)$ の逆特性 $G^+(\omega)$ と所望の制御点特性 $A(\omega)$ の積により得ることが出来る。

$$H(\omega) = G^+(\omega)A(\omega) \quad (1)$$

* “Sound Field Localization and Direction Control of Sound Using Boundary Surface Control Principle” by Yasuharu HASHIMOTO

3. 音場の局所再生

音場の局所再生とは、空間中の局所的な領域のみに音場を再現することである。

3.1 従来法の問題点[1]

固定の制御フィルタのため、環境の変化により性能が劣化する。また、再生領域の形状毎に要素配置を設計し直す必要がある。音の再生であり、音場の再生に至っていない。

3.2 提案手法

適応フィルタ[4]を用い、障害物等による環境の変化に対して制御フィルタを適応させること提案する。また、図1に示す制御ユニットを導入した。これは、一方に目的音を再生し、他方には音を抑圧する境界を形成する。更に、制御層という領域を定義する。制御層とは一方には音場再現を行う領域、他方には抑圧を行う領域との境界を持つ領域である。任意の形状の領域に対してこの制御層を設定し、制御ユニットを配置することで容易に音場の局所再生システムを設計出来る。

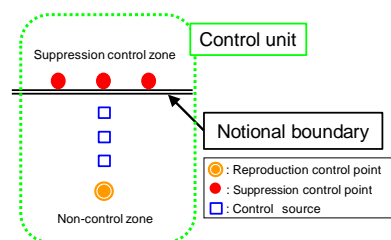
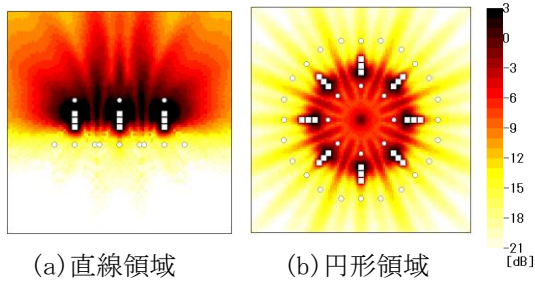


図1. 制御ユニット

3.3 シミュレーション結果例

提案手法を用いたシステムのシミュレーションを行った結果を図2に示す。(a)は制御ユニット3個を用いて直線領域(b)は制御ユニット8個を用いて円形領域に局所再生を行った場合の音圧分布である。



(a)直線領域 (b)円形領域
 図2. 音場の局所再生の音圧分布例

4. 音の指向性制御

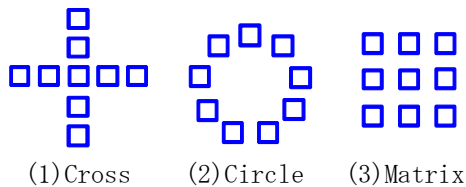
音の指向性制御とは、音の再生方向毎の特性を制御することである。

4.1 従来法の問題点[2]

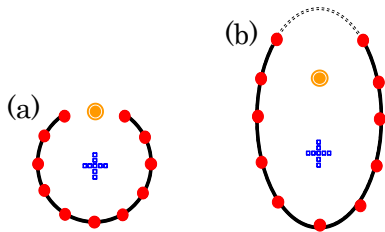
制御音源の配置として直線アレイを用いており、形成できる指向性は軸対称の形状になるという制約がある。また、制御境界の形状には半円を用いているが、検討の余地がある。

4.2 提案手法

制御音源の配置として図3に上げるような二次元的アレイ形状を用いることで、直線アレイにおける制約をなくすことが可能となる。また、制御境界形状として、従来法の直接的拡張である円形境界と楕円境界を提案する。



(1)Cross (2)Circle (3)Matrix
 図3. 二次元的アレイ形状(□: 制御音源)



(a)円形境界 (b)楕円境界
 図4. 制御境界形状(□: 制御音源)

4.3 シミュレーション結果例

提案手法を用いたシステムのシミュレーションを行った結果を図5に示す。

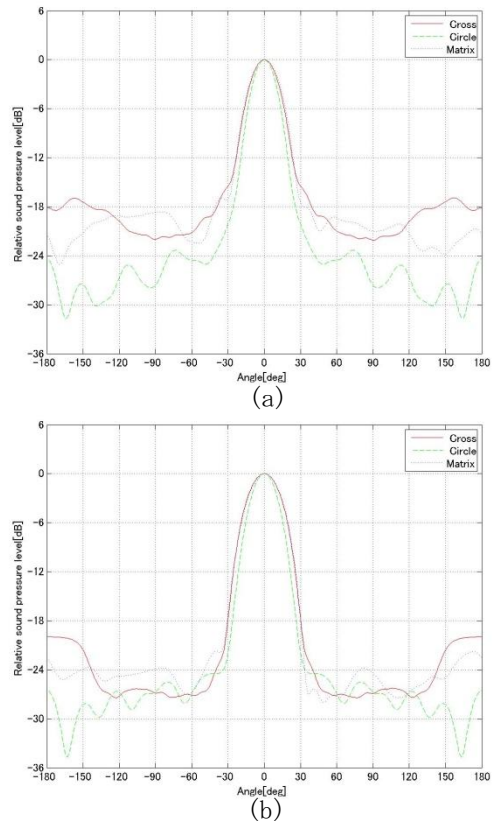


図5 : 音源数 25, 目的方向 0[deg]
 (a)円形境界 (b)楕円境界

5. おわりに

提案手法により音場の局所再生システムでは特定の領域のみに高い音圧を実現し、音の指向性では一方向にのみ高い音圧の指向性を実現できる事をシミュレーションにより示した。

文献

[1]S.Ise,“The Boundary Surface Control Principle and Its Applications,” IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, E88-A(7), pp.1656-1664, 2005.
 [2]植松尚, 羽田陽一, 片岡章俊, “エリア内の再生特性を考慮した音の局所的再生,” 日本音響学会誌, Vol.62, pp.89-97, 2006.
 [3]榎本成悟, 中村哲, 伊勢史郎, “音場の局所化技術を応用した指向性スピーカシステムの試作と評価,” 信学技報, Vol.106, No.607, 17-22(2007).
 [4]金井浩, “音・振動のスペクトル解析,” 第4章, コロナ社, 1999.