

パラメトリックスピーカを用いた逆フィルタ型音場制御

関根 海渡[†] 竹内 太法^{††} 立蔵 洋介[†]
[†] 静岡大学工学部 ^{††} 静岡大学創造科学技術大学院

1. はじめに

任意の空間で逆フィルタを用いてスピーカの特性や再生音場の反射や残響などの伝達特性を打ち消し、受聴者の耳元に原信号を忠実に再現する技術を逆フィルタ型音場制御という。

本研究では、超音波の直進性を利用することで鋭い指向性を実現したパラメトリックスピーカ[1]で逆フィルタ型音場制御システムの構築を目指す。一般的なスピーカで再生を行うと、音波が拡散して伝搬する。これに対し、パラメトリックスピーカは音が直線状に伝搬するため、一般的なスピーカに比べて音が進行方向以外への音の拡散が極めて少なく、結果的に観測される音の残響成分が少なくなることが見込まれる。この特徴により、逆フィルタ設計時の計算コストの削減や汎用性のある逆フィルタの構築ができ、また、再生室内に依存しないシステムの構築が期待される。

本稿では、トランスオーラル再生において、音源をラウドスピーカとパラメトリックスピーカを各々用いて、スピーカの違いによる再生音の品質の比較を行った。

2. 逆フィルタの設計手法

音源数 M と受音点数 N の伝達系における各スピーカから各受音点までの室内伝達特性 $G(N \times M$ の複素行列)を打ち消すために逆フィルタは、室内伝達特性の逆行列を求めることになる。しかし、実環境下では安定した逆フィルタを設計するために、スピーカ数がマイク数よりも多い条件[2]で設計を行うため、ノルム最小となる制約条件のもと、Moore-Penrose 一般逆行列を用いて近似的に逆行列を求める。求めた逆フィルタを再現信号に畳み込み、スピーカで流すと耳元で再現信号が再生される。

3. 実験

音源数 4, 受音点数 2 のトランスオーラル再生を行ったときの実験配置図を図 2 に示す。パラメトリックスピーカを用いた実験では、Sp. 1 と Sp. 2 を Mic. 1 に、Sp. 3 と Sp. 4 を Mic. 2 に向けて実験を行った。まず、Swept-Sine 信号を用いたインパルス応答測定を行った。サンプリング周波数は 48 kHz, 同期加算回数は 4 回、インパルス応答長は 32768 点とした。続いて、得られたインパルス応答から長さ 131072 点の逆フィルタを設計し、150-5000 Hz の帯域制限を行った。再現音は実環境で再生された音をマイクで録音し、その音をヘッドホンでバイノーラル受聴することで試聴した。客観評価では、Mic. 1 に提示する原信号を無音としたときの Mic. 1 での観測音 (Mic. 2 での再生音に起因するクロストーク音) のエネルギー量を評価尺度とした。

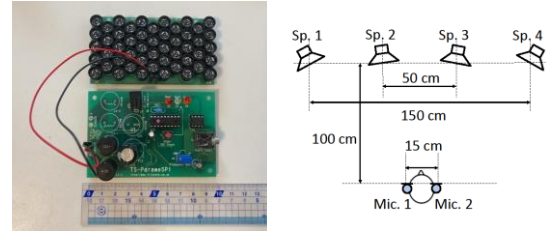


図 1 本研究で用いたパラメトリックスピーカ 図 2 実験配置図

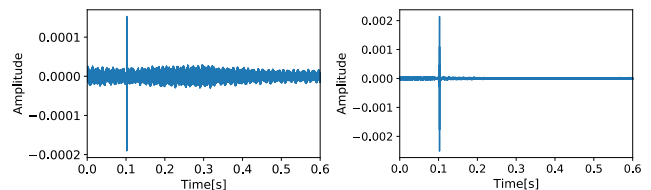


図 3 パラメトリックスピーカを用いた時の Mic. 2 と Sp. 2 間のインパルス応答(左)と Mic. 2 と Sp. 4 間のインパルス応答(右)

表 1 各スピーカによるクロストークのエネルギーの比較

ラウドスピーカ	20.5 dB
パラメトリックスピーカ	29.9 dB

表 1 にクロストークのエネルギーの比較結果を示す。パラメトリックスピーカの方がクロストークの混入量が多いことがわかる。再現音を試聴したところ、ラウドスピーカを用いた場合の方が明瞭性が高く、非目的音はほとんど聞こえなかった。これに対し、パラメトリックスピーカでは、ラウドスピーカに比べて明瞭性が低く、非目的音も少し聞こえており、クロストークの混入が確認された。

図 3 にパラメトリックスピーカを用いた時のインパルス応答の波形を示す。マイクに向けていないスピーカとマイク間のインパルス応答の波形に雑音がみられた。これはスピーカの指向性が鋭いことで音がマイクに届かず SN 比が悪くなったからと考えられる。これにより正しく逆フィルタ作成できず精度の劣化が起きたと考えられる。今後はパラメトリックスピーカでのインパルス応答測定に着目して研究を行う。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19K12079 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 鎌倉ほか, 音響誌, vol. 62, no. 11, pp. 791-797, 2006.
- [2] Miyoshi *et al.*, IEEE Trans. acoustics, speech, and signal processing, vol. 36, no. 2, pp.145-152, 1988.