

超指向性スピーカの音響特性に基づく二次経路モデルの更新法

Update Method of Secondary Path Model Based on the Acoustic Properties of Superdirectional Loudspeaker

那須 至[†] 木許 雅則^{††} 古川 利博[†]

Itaru Nasu[†] Masanori Kimoto^{††} Toshihiro Furukawa[†]

[†] 東京理科大学大学院工学研究科 ^{††} 日本工業大学工学部

[†] Graduate School of Engineering, Tokyo University of Science

^{††} Faculty of Engineering, Nippon Institute of Technology

1. はじめに

生活環境における騒音を低減させ快適な空間を得るための研究の一つに ANC(Active Noise Control)がある。この構成としては、Filtered-x 法が一般的に用いられる。これは二次経路特性が既知であるとし、そのモデルを用いて一次経路特性の同定を行う手法である。しかし、真の二次経路特性が変動した場合、モデルとの間に誤差が生じ、消音性能が著しく低下する。本稿では、超指向性スピーカの音響特性を調査し、その結果に基づく二次経路モデルの更新法を提案する。実機による動作実験により、本手法の有効性を示す。

2. 超指向性スピーカの音響インパルス応答

代表的な超指向性スピーカとして、パラメトリックスピーカがある。これは、振幅の大きい近接した二つの異なる周波数の音波を同方向に放射し、それらの音波の相互作用によって発生する差周波数音(パラメトリック音源)を利用したスピーカ[1]である。特徴として、再生される可聴域の音に高い指向性を有することが挙げられ、ダイナミックスピーカに比べ残響が小さいこと[2] が確認されている。また、可聴域の音は、非線形減衰することが知られている[3]。減衰に影響する要因は空気吸収、復調による非線形吸収のみで、音源と評価点の間に空気しか存在しない場合、可聴域の音の減衰度合いに大きな変化が無いことが予想できる。そこで、パラメトリックスピーカによる音響インパルス応答の調査を行った。

2.1 音響インパルス応答調査

広さの異なる室内環境において、パラメトリックスピーカを用いて音響インパルス応答の調査を行った。音源から評価点までの距離を変化させ、一般的な部屋 A とその約 4 倍の面積を持つ部屋 B で、LMS アルゴリズムを用いて推定を行った。部屋 B での結果を図 1 に示す。

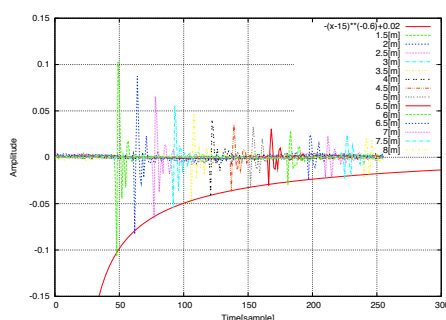


図 1. 音響インパルス応答推定結果:部屋 B

図 1 より、直接音到達後の振幅が直接音到達前の区間の振幅と同等なことから、指向性の高さゆえ残響が無視できるほど小さいことがわかる。また、音源からの距離が離れるに連れて、直接音の振幅が減少していることが確認できる。異なる環境(部屋 A)においてもその減衰量に差は見られなかった。したがって、直接音の振幅最大値を結ぶ関数を近似的に求めることで、距離情報より直接音の減衰が推定可能だと考えられる。

3. 二次経路モデル更新法

実験より、パラメトリックスピーカの音響インパルス応答は、直接音到達までの時間と、そのときの減衰量で表現可能である。直接音到達時間は、音源と評価点までの距離と音速から求めることができる。直接音の減衰量は、調査結果から得られた、減衰量 amp を算出する次式の関数へ距離情報 d を与えることで求められる。

$$amp(d) = -(d-15)^{-0.6} + 0.02 \quad (1)$$

従って、制御音源と評価点間の距離情報の取得が必要である。そこで、制御音源に距離センサを設置し、そのセンサから逐次得られる距離情報を元に二次経路モデルを更新する。

4. 動作実験

提案手法の有効性を示すため、実機による動作実験を行った。評価点の移動による二次経路特性変動に対して、二次経路モデルがスムーズに更新され、高い追従性を持つことを確認した。結果については、紙面の都合上日示す。

5. まとめ

超指向性スピーカの音響インパルス応答の残響が小さいことを利用し、二次経路モデルを直接音の評価点到達時間とその大きさのみから近似する、新たな二次経路モデルの更新法を提案した。さらに、実機による動作実験により、システムの有効性を明らかにした。今後は、様々な超指向性スピーカでの音響インパルス応答の調査を課題とする。

参考文献

- [1] 鎌倉, "非線形音響-基礎と応用-", コロナ社, 2014.
- [2] 鐵他, "工場内騒音のためのアクティブノイズコントロールの検討", 信学技報, SIP2011-172, 2012.
- [3] 青木他, "パラメトリックスピーカ 音場特性と最適変調方式," 信学論 A, Vol. J 74-A, No. 3, pp. 332-337, 1991.