

音場系を考慮した Active Noise Control 解析

Active Noise Control Analysis in Consideration of the Sound Field System

片山 浩己 中出 幸吾 柏 達也 中垣 淳
 Hiroki KATAYAMA Kogo NAKADE Tatsuya KASHIWA Atsushi NAKAGAKI

北見工業大学
 Kitami Institute of Technology

1. はじめに

電磁界及び音響解析に用いられるシミュレーション法の一つとして FDTD 法がある[1]。FDTD 法を用いた音場解析は 3 次元形状を考慮した時間域解析が容易である。また、最近めざましい進歩を遂げるデジタル信号処理技術によって制御技術としての Active Noise Control(以下 ANC とする)の研究が行われている。3 次元時間領域解析手法である FDTD 法と信号処理法を統合することにより実際の ANC の解析が可能となる。本報告では、3 次元シミュレーションを行う第一歩として時間領域シミュレーションである FDTD 法と信号処理系を統合し[2]、[3]、ANC システムの解析を試みる。

2. ANC の原理およびモデル

ANC は従来の吸音、遮音などの原理に基づく受動的な騒音対策技術ではなく、図 1 のように人工的に作った同振幅で逆位相の音を作り、音波干渉により結果的に騒音を低減させようとする技術である。これは吸音材などを用いる受動的な騒音技術では困難な低周波での高い消音効果が期待できる。

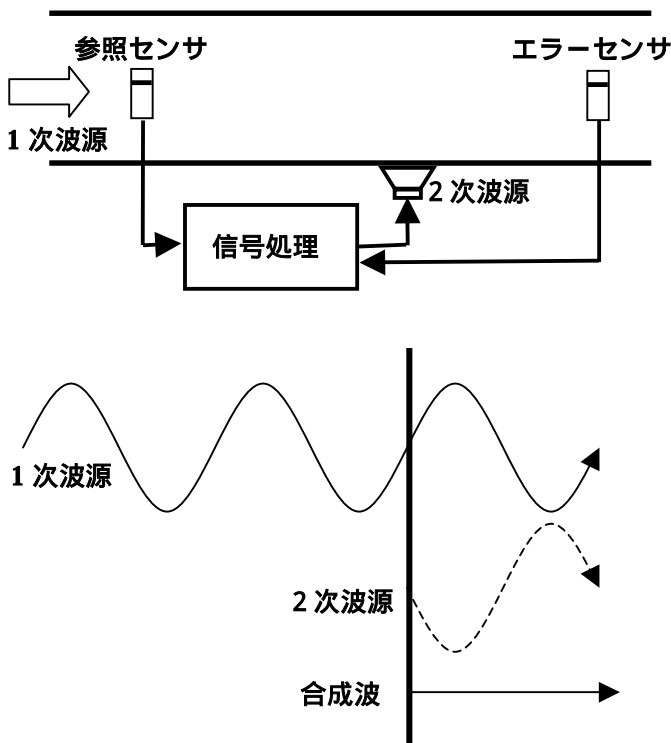


図 1 ANC の原理図

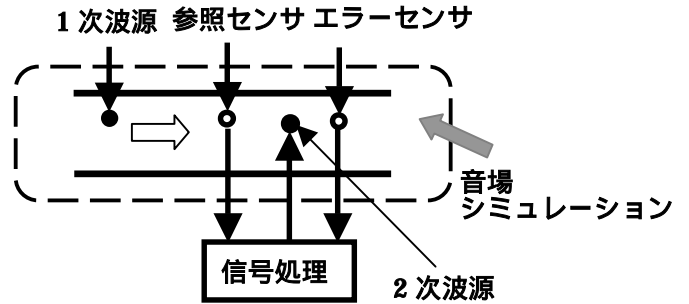


図 2 ANC モデル

3. 信号制御系

FDTD 法を用いたダクトの解析モデルに filtered-x LMS アルゴリズムを用いた ANC システムを設置した場合を考える。図 2 の ANC モデルに示すように 1 次波源から騒音が伝播し、参照センサにより騒音を観測し、信号処理によって 2 次波源出力を計算する。2 次波源出力と 1 次波源からの騒音が干渉した結果をエラーセンサで測定する。

3.1 誤差経路推定

ANC を動作させる前処理として図 3 より 2 次波源からエラーセンサまでの特性を求めておく必要がある。ここでは帯域制限した白色雑音を入力信号 $x(n)$ とし、FDTD 部のエラーセンサ出力 $x_c(n)$ と信号処理部の推定用フィルタの出力 $y(n)$ との差を誤差信号 $e(n)$ とした。求めた誤差信号 $e(n)$ は LMS アルゴリズムによって適応フィルタのパラメータを更新する。更新された適応フィルタ特性を誤差経路特性とし、ANC に適応する。

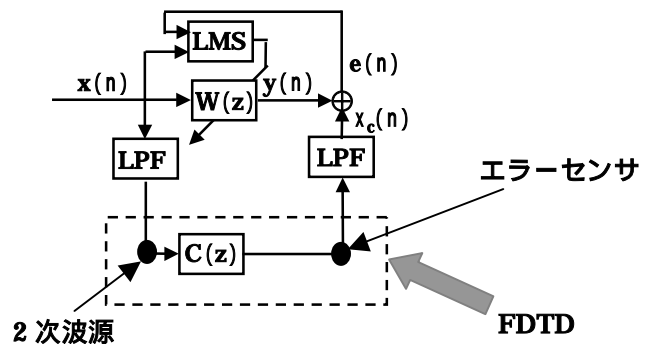


図 3 誤差経路システム

3.2 ANC 回路

図4はANCのブロック図を表す。2次波源からの進行波と後退波を考慮した信号処理システムを設計し、それにより実学的なANCシステムの解析を可能とした。また後退波を除去するための経路特性を前処理で求めておく必要がある。

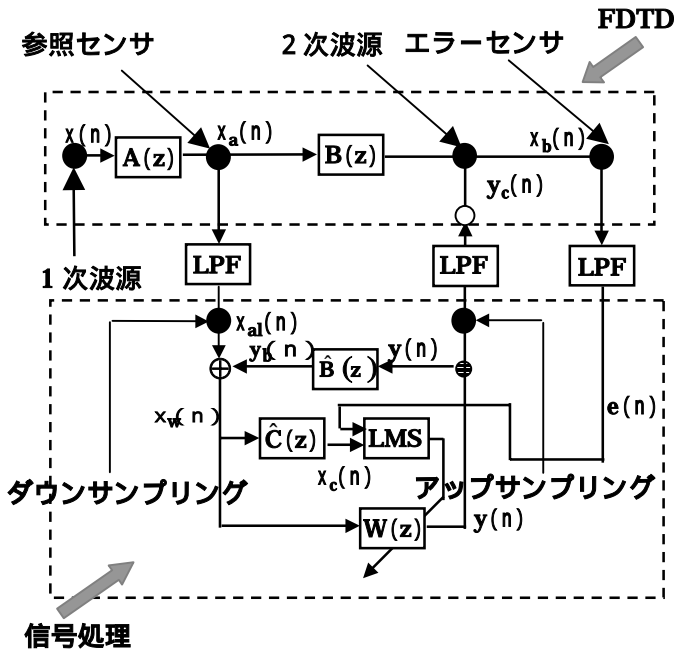


図4 ANC ブロック図

4. 結果

本報告では、FDTD法を用いてANCシミュレーションを行った。ここでは300[Hz]の正弦波信号をシステムに入力しANCシミュレーションを行った。ダクトの長さを2[m]、セルサイズを1[cm]として、計算の両終端には吸収境界条件を設定し、1次元無限長ダクトをモデルとした。

図5のエラーセンサでの測定結果はANC適応開始により減衰カーブがやや緩やかではあるが、時間の経過とともに減衰し、値は小さくなっていることがわかる。図6の参照センサでの測定値はANC適応開始により2次音源からの後退波による影響で値が増加している。

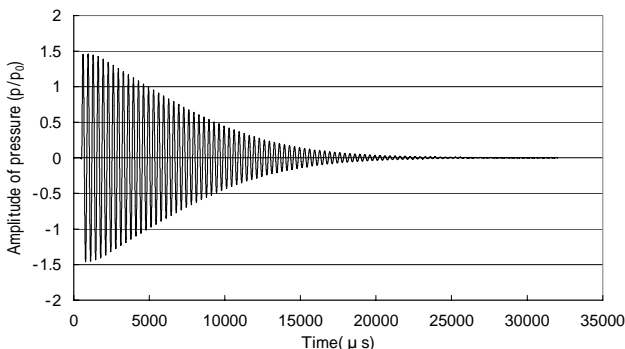


図5 エラーセンサの音圧(後退波)

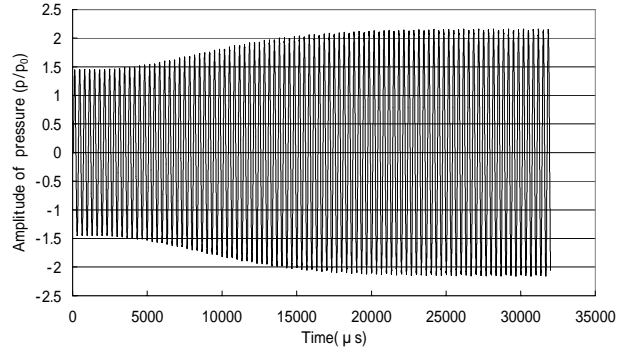


図6 参照センサの音圧(後退波)

ダクト内の音圧分布を測定することにより、ダクト内での過渡状態から定常状態まで、その動作状況を視覚的に把握する事ができる。図7は1次元ダクト内の音圧分布を表す。横軸にダクトの格子点位置、縦軸に音圧の振幅を表す。1次元音源の進行波と2次元音源からの後退波により参照センサから2次元音源の区間において定在波がたっていることがわかる。しかし、2次元音源からダクトの終端の区間では音圧の値は小さくなっているためノイズが抑圧されていることがわかる。

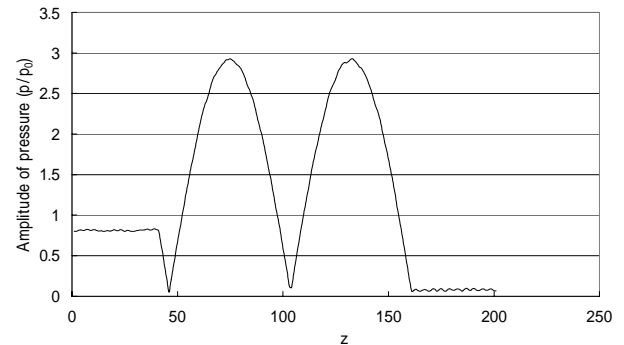


図7 1次元ダクト音圧分布

5. むすび

本報告では、FDTD法と信号処理法を統合することにより実学的なANCシステムの解析を行った。ダクト内での過渡状態から定常状態まで、その動作状況を視覚的に把握する事ができた。今後の課題としては車室内の音場制御、仮想現実音場システムを再現する予定である。

参考文献

- [1]千葉, 柏, 霜田, 鏡, 深井, "リープフロッグアルゴリズムに基づく時間依存差分法による3次元音場解析," 音学論, vol. 49, pp. 551-562, 1993.
- [2]森下, 青木, 田中, 多氣, "FDTD法を用いたダクト内ANCシステムのシミュレーション," 日本音響学会講演論文集, pp. 507-508, 1999.
- [3]片山, 中出, 柏, 中垣, "FDTD法を用いたアクティブノイズコントロール解析," 平成14年度電気関係学会北海道支部連合大会(北見), 145, Oct. 2002.