

# アクティブコントロールを利用した小型発電機のエンジン騒音消音実験

中村 信一 佐野 藤治 浜田 晴夫\*  
(\*非常勤研究員)

## 要 旨

大型自動車のエンジン騒音を低減するための予備実験として、昨年報告したFiltered-X LMSアルゴリズム制御の結果をふまえて、小型発電機の音を消音する装置を作成した。実験は、小型発電機をパッシブ材で内装したボックス内に入れて、ボックスに2ヵ所取り付け付けたエンジンの給気と排気のためのダクトにアクティブノイズコントロールの制御システムをセットした。

この装置を用いて実験した結果は、パッシブ材の効果による800ヘルツ以上の吸音とアクティブノイズコントロールにより約12dB(A)程度の減音が確認された。さらに、ダクト出口でのアクティブノイズコントロールの効果をコヒーレンスでみると、200Hz前後と650Hz前後で減音効果があった。

## Experiment of the Attenuation of Noise Generated by a Small-Size Generator Engine Using the Active Noise Control

Shinichi Nakamura, Fujiharu Sano and Haruo Hamada\*

\*Associate Researcher

### Summary

We have reported the active noise control(ANC) system based on the Filterd-X LSM algorithm in the 1995 annual report. In order to apply the above ANC system to the large-size vehicle, a modified version of the ANC system was developed and we made a preliminary experiment of the noise attenuation of a small size engine for the electric generator.

In the experiment, the small generator was placed in a box, whose inside was covered with passive materials. The control system was set to those ducts independently.

The results of this experiment showed that noise with frequencies over 800 Hz was absorbed by the passive materials, and the active control system was able to reduce the noise to about 12 dB(A) below 800Hz. Furthermore, we observed a coherence value in order to investigate the effect of the active control system. That is, the noise between 200 Hz and 650Hz, were reduced effectively at edge of the duct and this phenomena was agreed to the frequency characteristic of the observed the observed coherence values.

### 1 はじめに

都内には、主要幹線道路が他の地域より集中していて、通過する自動車による交通騒音で、沿線住民は多大の影響を受けている。さらに、最近24時間交通量が増

加する傾向にあると同時に、主要幹線道路以外の住宅地内の生活道路にも交通量の増加がみられる。今や、都市内で、交通騒音に影響されない地域はあまりみられない状況である。

この沿道対策としては、これまで騒音規制、交通流のコントロール、道路構造の改善など行政側ではできる限りの対策を行ってきた。また、車単体から発生する騒音についても、その低減化に向け自動車メーカーは技術の開発に取り組んでいる。

しかし、今日までのところ、いずれも抜本的対策に至らず、国道43号線の訴訟判決結果のように行政側には、きわめて厳しい環境になってきている。

本研究所では、1994年度より大型車のエンジン系の騒音低減化を目指して、車単体の騒音削減の研究を行ってきた。この研究の基礎として、昨年はエンジンチャンバーモデルによる騒音低減化をアクティブノイズコントロールによって実験した。これについては、当所の年報りに発表したとおり良好な結果を得た。1995年度は、これをふまえて、小型エンジンを消音ボックスに入れ、アクティブコントロールによりエンジン騒音を低減化したので、その結果を報告する。

## 2 実験方法

実験は、小型発電機の騒音の消音を目的として、パッシブ材で内装した小型消音ボックス（図1）に小型発電機を入れて、アクティブノイズコントロール（Active Noise Control, 以下「ANC」と言う。）によって消音させた。消音実験は、ボックスに付けた給気と排気のため

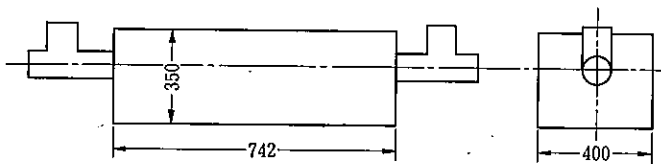


図1 消音ボックス図

めのダクトへ小型発電機のエンジン音を導き、ダクト内にANC装置をセット実験した。

### (1) 消音対象

ホンダ技研製の小型発電機E X 300のエンジン騒音を消音対象とした。

### (2) 消音ボックス

消音ボックスは、概略寸法350×742×398ミリの合板製ボックスに給気と排気のためのダクトとして、内径106ミリ、外径113ミリの塩ビ製のパイプを図1のように取り付けた。また、位相反転波を発生させるスピーカーは図2のようにブロック化したパイプに取り付け、これを前記のパイプにセットした。

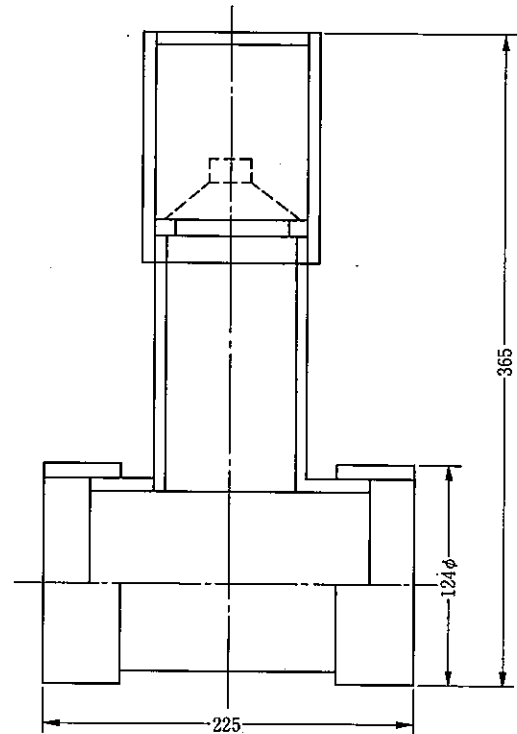


図2 スピーカーセットダクト

また、消音ボックス内に発電機を入れ、作動させたとき、エンジンから排気ガスが発生するので、この除去のため、小型ファンをボックス内に設置し、排気ガスをダクトを通して外部に排出するようにした。

### (3) 消音ボックス内のパッシブ材

エンジン騒音消音のためには、ANCとパッシブ材を併用すると、より効果的な消音が期待できる。このため、本実験では、消音ボックス内に TECHNO ANNEX のRUBBER FELTS を吸音材として用いている。また、設置したエンジンからの振動がボックスに伝わり、振動音が発生するのを防ぐため、防振材をボックス全面に張り付け、その上に吸音材を張り付けている。防振材は厚さ1.5ミリの日本特殊塗料のオトナシートを用いている。

また、発電機を置く底部は、発電機の重量を支えるために吸音効果のある焼結形成したアルミ板（NDCカルム）を置いた。さらに、防振を期すため、アルミ板と吸音材の間に防振ゴムを入れている。したがって、底部には防振ゴムを2枚敷いてある。

(4) 二次音源

反位相波を発生させるスピーカーはフォスター社のFW-108を給気と排気側にそれぞれ1個配置した。

(5) マイクロホン

センシングマイクロホンとエラーマイクロホンには、REDEC社の口径8ミリのコンデンサタイプのマイクロホンを使用した。

(6) 実験システム

実験システムは、給排気ダクト内でANCが働くようにシステムを構築した。まず、ボックス側にセンシングのためのマイクロホンを、ダクトの出口側にエラーマイクロホンをそれぞれ設置した。スピーカーはセンシングマイクロホンとエラーマイクロホンの間にセットしてある。その概略図は図3のとおりである。

なお、各部品の取り付けに当たっては、消音効果が最大になるように位置関係を調整しながら実験を行った。

また、ダクトの長さ、スピーカ及びセンシングマイクロホンとエラーマイクロホンの位置なども実験を行い、その過程で決定していった。

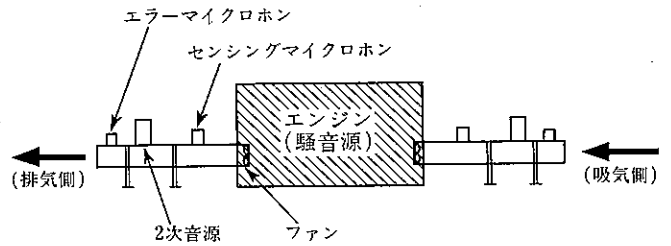


図3 実験システムの概念図

(7) 制御システム

本実験に使用した制御システムを図4に示す。システムは、同じものを排気と吸気側に用いた。システムは、ダクト根元に設置したセンシングマイクロホンで収集した信号と出口側のマイクロホンで感知した信号をDSPに取り入れて、リアルタイムで演算し、ダクト出口で騒音が低減化するように構成してある。

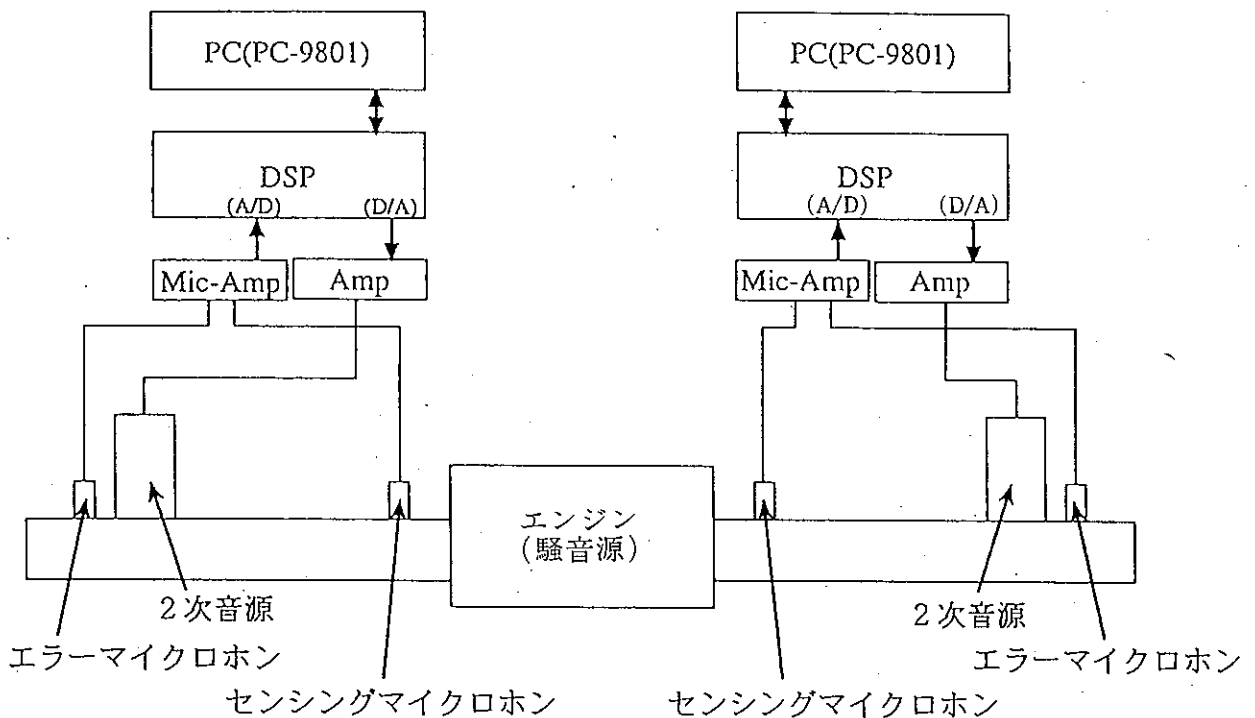


図4 実験システムの概略図

(8) アルゴリズム

本実験のアルゴリズムは、1995年度に報告<sup>1)</sup>したフィードフォワード制御を基本としたMultiple Error Filtered-X LMSを用いた。さらに、二次音源からセンシングマイクロホンに至る電気音響によって生じるハウリング現象に対応するため、デジタルフィルタを用いた電氣的キャンセル回路を付加した。

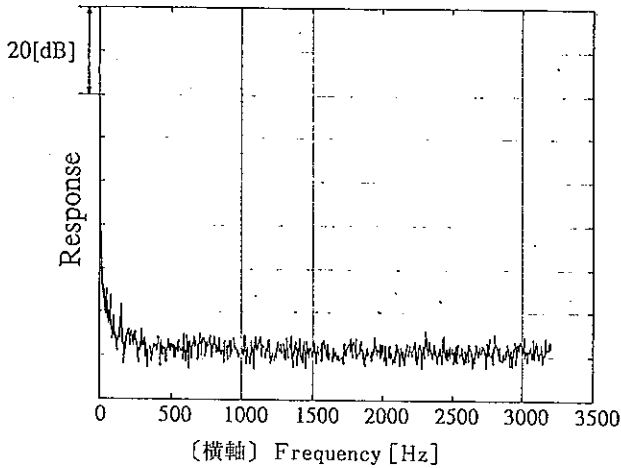


図5 暗騒音の周波数特性

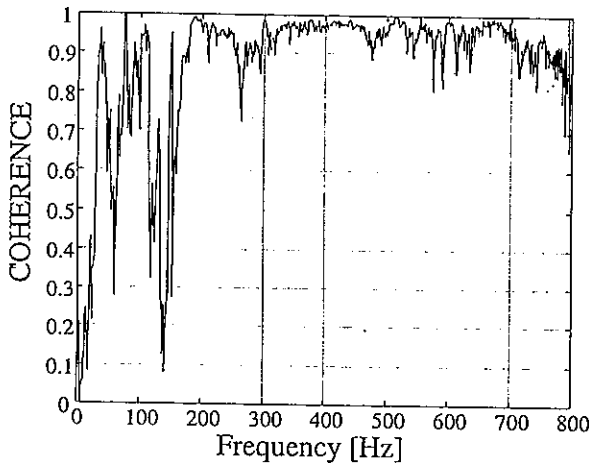


図6 コヒーレンス (吸気側)

3 実験結果

(1) 発電機単体の周波数スペクトル

発電機単体の周波数スペクトルは、発電機横1メートル、高さ1.5メートルの位置で測定した。測定場所は屋外で暗騒音レベルは約55dB(A)である。図5に3000HzまでFFTで分析した結果を示す。

測定結果によると、周波数はほぼ一定であるとみてよく±5 dB(A)の範囲である。なお、リニアで分析している。

(2) センシングマイクロホンとエラーマイクロホンのコヒーレンス

音源側のセンシングマイクロホンと出口側のエラーマイクロホンで感知したそれぞれの信号をコヒーレンスでみてみた。コヒーレンスは、ANCの消音効果をみるためのもので、その値が1に近くなるほどANCが有効に働く。コヒーレンスは、エラーマイクロホンでサンプルした信号が、センシングマイクロホンでサンプルした信号でどの程度説明できるかを示している。言葉を替えると、関連度、寄与度を表現する尺度である。コヒーレンスが1のときは、時間領域での制約(因果性など)がなければ完全な消音が可能であることを示す。

図6が吸気側のコヒーレンスで図7が排気側のコヒーレンスである。いずれもANCが有効に働く800Hzまで、周波数とコヒーレンスの関係を表してある。図8は3000Hzまで拡大して表した排気側の図である。

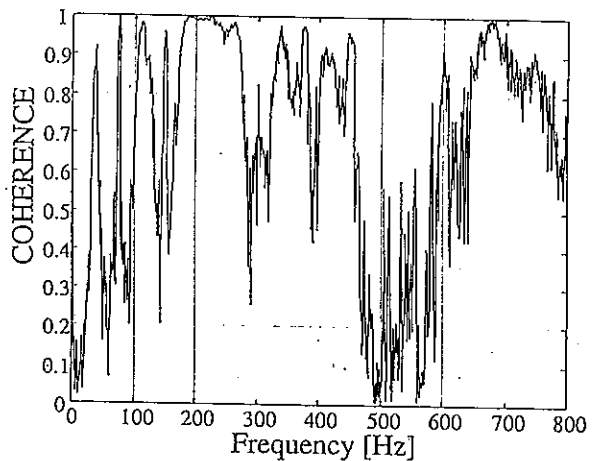


図7 コヒーレンス (排気側)

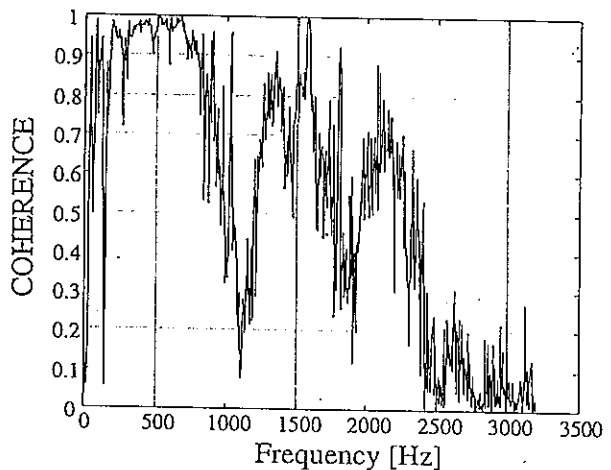


図8 コヒーレンス (排気側)

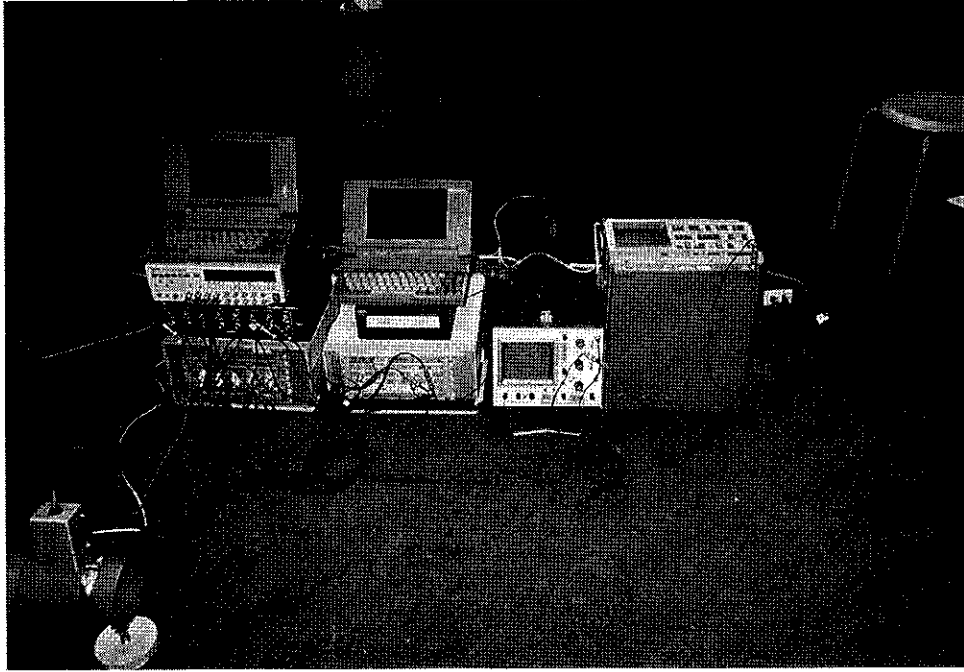


写真1 アクティブコントロール装置

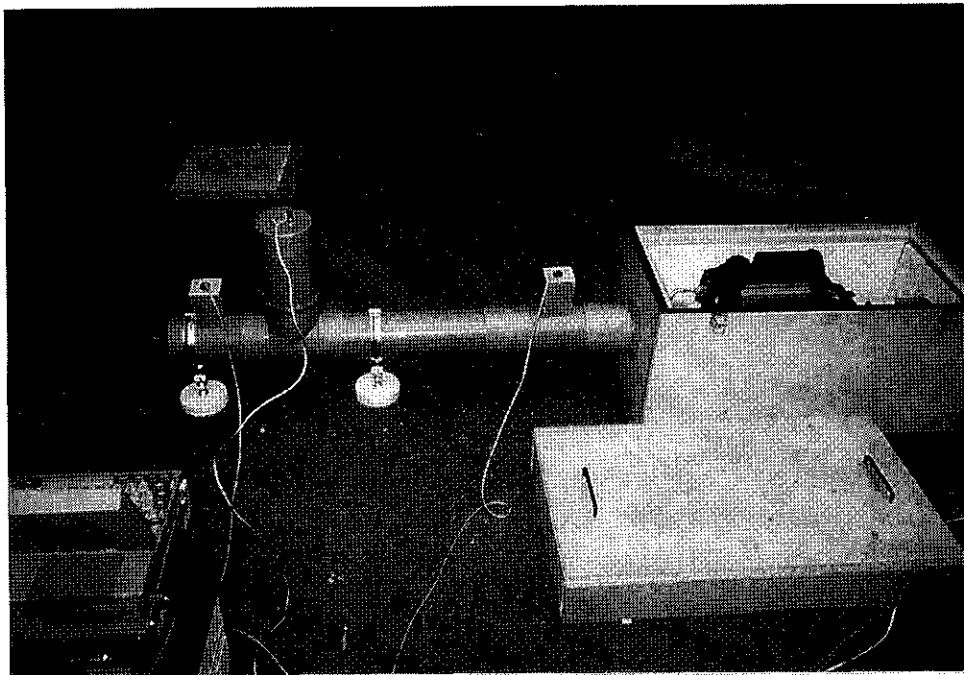


写真2 消音ボックス

この両者を比較すると、吸気側が排気側よりANCの効果大きいことを示している。一方、排気側では、200Hz前後と650Hz前後の周波数で消音効果があることを示している。

吸気側では、ほぼ800HzまでANCによる消音効果が期待できる。

(3) ANCの効果

ANCをonとoffにしたときの騒音の低減効果を図9と図10に示す。図9が吸気側、図10が排気側である。これ

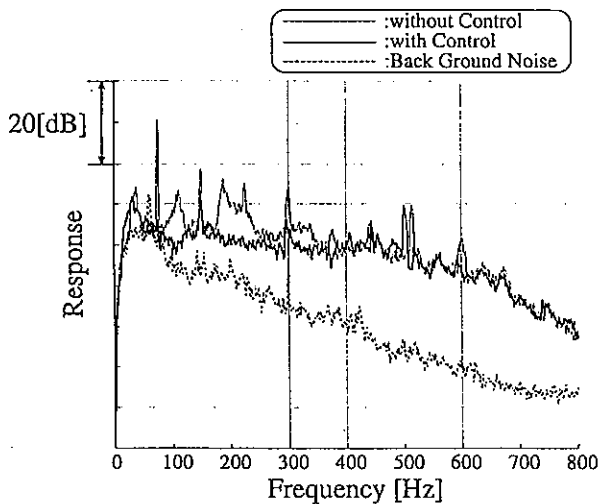


図9 吸気側のエラーマイクロホンにおける周波数特性

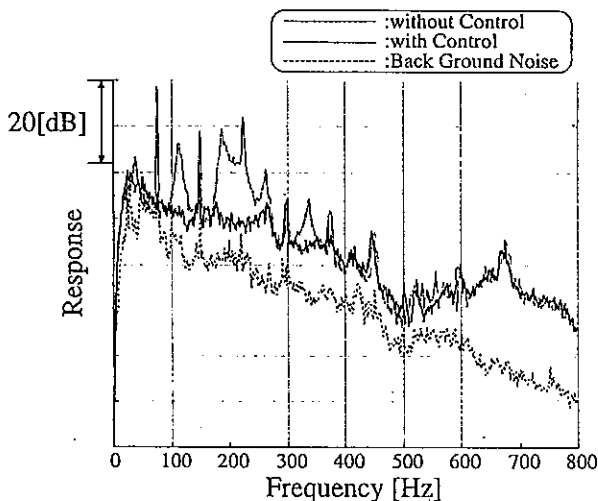


図10 排気側のエラーマイクロホンにおける周波数特性

によると、コヒーレンスの結果と対応している。ANCの効果は、200Hz前後と650Hz以下の周波数によく働くことを示している。

(4) ANCとパッシブ材を合わせての消音効果

騒音計で測定すると約12dB(A)程度の減音があった。なお、本実験装置は、発電機の排気ガスが発生するため無響室などの暗騒音の少ないところで測定できなかった。

た。しかし、測定値と暗騒音の差が10dB(A)近くあったのであまり影響がないと考えられる。

4 おわりに

本実験は、1995年度に報告したスピーカー同士によるFiltered-X-LMSアルゴリズムによる騒音低減化の実験をもとに実際のエンジンを用いて騒音低減化を実験したものである。

結果は、12dB(A)程度の減音結果を得た。今後は、これをもとに、本実験で採用したダクト形式のANC装置を進展させ、同時にアルゴリズムの更なる開発を行い、大型車のエンジン騒音低減化に向けて検討を続けていく予定である。

引用文献

- 1) 佐野藤治ら：アクティブコントロールを用いた騒音低減実験, 東京都環境科学研究所年報1995 p.76~83.
- 2) 浜田晴夫：騒音の能動制御, 騒音制御 p.7(1991(15)).
- 3) 浜田晴夫：エラースキミング適応制御アルゴリズムの応用, 信学技法, E A 90-2.