

2. アクティブノイズコントロール

2.1 騒音を打ち消すアクティブコントロール技術

日立プラント建設(株) 高橋 稔

☆ まえがき

最近、音響工学の分野では、低周波騒音低減の新しい技術として、アクティブ消音技術の実用化が注目されている。本技術は、騒音（1次音）に対して、同振幅で逆位相の付加音（2次音）を放射し、音波の干渉により騒音を低減する技術であり、アクティブノイズコントロール（ANC: Active Noise Control）とか、騒音の能動制御と呼ばれている。

本技術のアイデアは古く、1936年にはP. Lueg¹⁾によって図-1に示す構成が提案された。その後、アナログ回路による研究が重ねられ、1956年には、図-2に示すようにConover²⁾による変圧器放射音の局所空間における制御実験が試みられた。特に、最近では、デジタル信号処理技術、DSP（Digital Signal Processor）等の電子デバイスの進歩を背景に、空調ダクト、家電品、航空機等に対する本技術の実用化が活発に検討されている。

本稿では、アクティブ消音技術の開発状況と空調設備における実用化例の概要を紹介し、本技術を理解する際の一助としたい。

☆ 技術開発の現状

本技術の開発は、80年代に入ると電子デバイスの進歩により活発になり、特に英国では14MWガスタービンの排気騒音や船舶用ディーゼルエンジンの排気騒音に対するフィールドテストが実施された³⁾。80年代後半には、さらに研究開発が加速され、国内でも空調ダクト騒音、ディーゼルエンジン排気音、圧縮機の管路伝搬音に対する実用化研究が実施された^{3), 4)}。

最近の開発状況をまとめたものを表-1に示す。すでに、①排気マフラ、②サイレンサ、③閉空間こもり音低減、④ヘッドホン内部消音については、製品販売済あるいは製品発表の段階にある。⑤、⑥、⑦については、まだ、基礎研究の段階であり、実用化にはかなりの開発期間を要すると思われる。また、①～④については、今後、適用範囲の拡大、低コスト化が一層進展するものと思う。

☆ 空調ダクト騒音のアクティブ消音

ここでは、アクティブ消音技術の実用化例として、筆者らが開発した空調ダクト用アクティブサイレンサ（以下、電子消音システムと呼ぶ）について概説する³⁾。

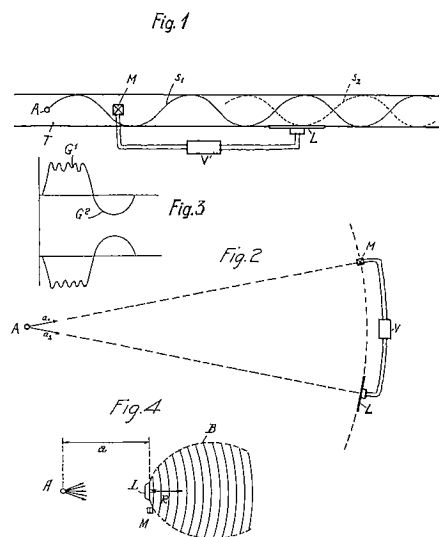


図-1 Lueg (1936) によるアクティブ消音の特許

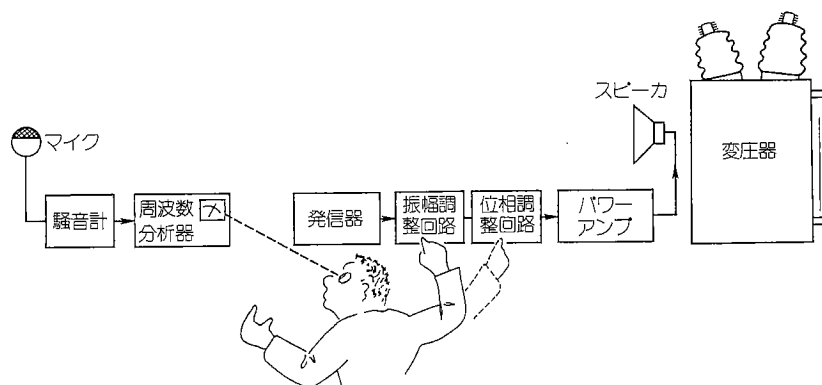


図-2 Conover (1956) による変圧器放射音の能動制御方法

音場	適用対象	技術概要
1次元	自動車マフラー 冷蔵庫圧縮機	① 排気マフラー エンジン エラーマイク コントローラ CTR SP ○エンジンの燃費、馬力向上が期待
	空調ダクト プラント配管 ガスタービン 給排気	② サイレント ○消音器の小形化 ○圧損の増加なし
3次元	自動車室内 プロペラ機機内 建機キャビン	③ 閉空間 こもり音低減 音源 (エンジン) CTR ○付加音源で逆位相の音場を形成、こもり音 (単一周波数) は全体域で低減
	イヤホン・ヘッドホン (防音ヘッドフォン)	④ ヘッドフォン 内部消音 入力信号 CTR ○キャビティが小さく比較的高周波領域まで低減可
	工場室内 機械装置近傍 オフィス室内	⑤ 局所空間 騒音低減 音源 CTR ○多チャンネル化により消音領域の拡大が期待
	建屋換気口 排気口 防音カバー 開口部	⑥ 開口部 放射音低減 音源 CTR ○多チャンネル化により大口徑開口部にも適用期待
	固定音源用 防音壁 自動車、鉄道用 防音壁	⑦ 回折音の低減 音源 CTR ○移動音源の信号検出等が最大の技術課題

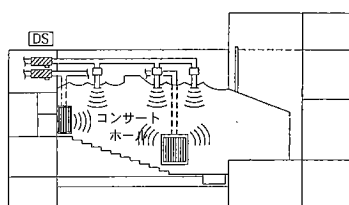
表-1 アクティブ消音技術の開発状況

適用対象

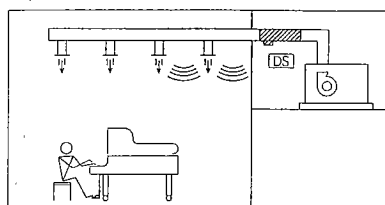
電子消音システムは、多孔質材料を内張りした従来のダクト用消音器が、苦手な低周波領域における消音性能を向上させることをねらいとしている。特にオクターブバンドで63Hz、125Hzの消音量を圧力損失、ダクト寸法を増大させることなく、向上させることを目的としており、『従来の消音器を否定するのではなく、むしろ従来の消音器と積極的に組み合わせて、ダクト消音器の性能向上を図る』ために開発したものである。

本システムのねらいを下記に、適用対象の例を図-3に示す。

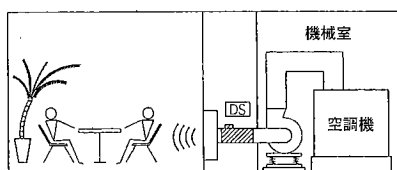
(1) ダクト系消音器の設置スペースの低減



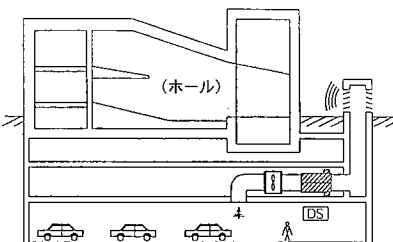
(1) NC値が厳しく、大きな消音量が必要



(2) ダクトからの透過音の低減



(3) 機械室が近くあり、大きな消音量が必要



(4) 騒音源のパワーが大きく、大きな消音量が必要

図-3 電子消音システムの適用対象

- (2) ダクト系消音器の圧力損失低減による省エネルギー化
- (3) ダクト系消音器の遮音対策の低減

システム構成

電子消音システムの外観を図-4に示す。電子消音システムには2本のマイクと1個のスピーカ、1台のコントローラが空調ダクトに取り付けられ構成されている。コントローラ内部には、2チャンネル仕様のマイクアンプ、パワーアンプそして電気信号の振幅・位相特性を自由に設計できるデジタルフィルタが内蔵されている。また、マイクアンプにはプログラマブル・ゲイン・アッテネータが内蔵されており、レンジ切り替えは必要ない。本装置はスタンドアロンなシステムであり、電源スイッチを入れるだけで、適応消音を行う。

電子消音システムは、空調ダクト騒音（機械騒音と流体騒音が合成された音）のようなランダム音への適用を目的に開発したものである。付加音の制御系はリアルタイム処理（センサマイク M1 からエラーマイク M2 に伝わる音波の伝搬時間よりも制御系の処理時間が短い）を実現している。

空調設備への適用例

図-5に電子消音システムを適用した某図書館における室内騒音の測定結果を示す。室内騒音値は、空調ダクトからの透過音、空気伝搬音で支配されており、電子消音システムが稼働することにより、室内騒音がNC-27からNC-21に低減している。従来方法でも低減可能であるが、低周波域に比べ、中高周波域の低減効果が非常に過多となり、みみざわりの音質になると予想される。アクティブ消音技術の併用が「音質」、「省エネ」の点で効果が得られた。

☆ むすび

アクティブ消音技術の本格的な実用化が検討されるようになったのは80年代の後半からのように思われる。まだ、実用化段階が始まったばかりで、今後、従来技術との複合方法を含めたさまざまな観点での技術開発が進展すると考えられる。

また、電子消音システムは、その機能を『騒音低減』だけに使用しているが、ハードウェア構成としては、さらに『PA機器の代用』等にも応用可能な構成であり、快適環境創出に向けた新たな機能の開発は今後の課題となる。

本稿はアクティブ消音技術の一端を紹介したにすぎないが、本技術を理解する際の一助

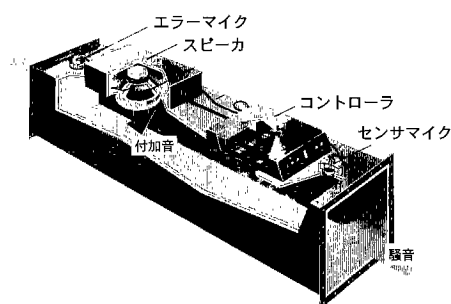


図-4 電子消音システムの外観

になれば幸いである。

参考文献

- 1) Lueg, P.: Process of Silencing Sound Oscillations, U. S. Patent 20, 043, 416 (1936).
- 2) Conover, W. B.: Fighting Noise with Noise, Noise Control (Mar. 1956).
- 3) 高橋, 浜田: アクティブ消音技術の産業分野への適用例, 電気学会雑誌, Vol.111, No.8 (1991).
- 4) 大沼他: ディーゼルエンジン排気音のアクティブコントロール, 三菱重工技報, Vol.30, No.4 (1993).

(平成10年11月27日受付)

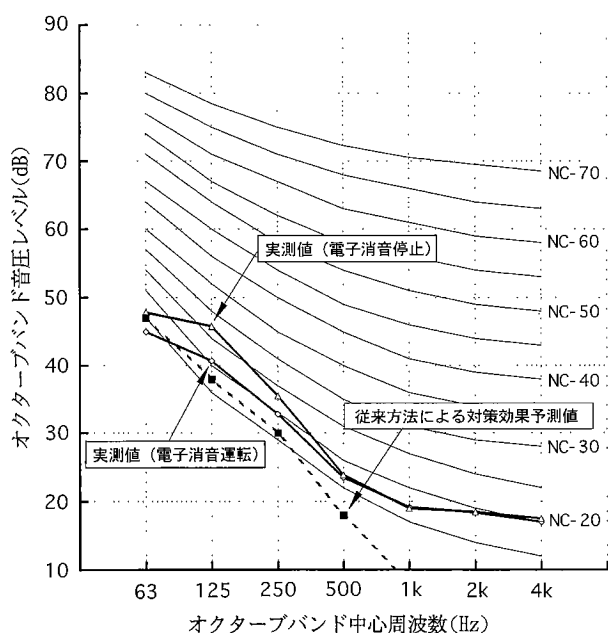


図-5 室内における消音効果

2.2 能動制御型防音塀

ニチアス(株) 清水 康男
青木応用音響(株) 青木 雅夫

☆ はじめに

防音塀による遮音の効果はその高さを高くすることにより増大するが、施工性、経済性の問題の他に、景観、日照等の周辺の環境に与える影響も増大する。近年、防音塀の効果をより高めるために能動制御の手法を取り入れた防音塀に関する研究が進められてきている^{1)~4)}。

我々は、実際の騒音源に対して塀のエッジポテンシャルを消去する能動制御型防音塀の適用を試みるべく研究開発を進めてきた^{5)~7)}。無響室内の縮尺模型実験(1/4程度)では、測定範囲内で数dBから10数dBの遮音効果の増大が認められ、さらに屋外での実験から、防音塀背後の広い範囲において5から6dBの効果を見ることができた。さらに複数の独立なコントロールシステムを併用しても、干渉による悪影響等もみられず、広範囲の対策にも適用の可能性があることが分かった。

ここでは、その内容と実用化に向けて構成したプロトタイプ概要について述べる。

☆ モデル実験

能動制御型防音塀の検討は、無響室(3.5m×4.4m×2.4m)において縮尺模型を用いて開始した。模型の縮尺は1/4程度とし、対象とする周波数を250Hz以下(模

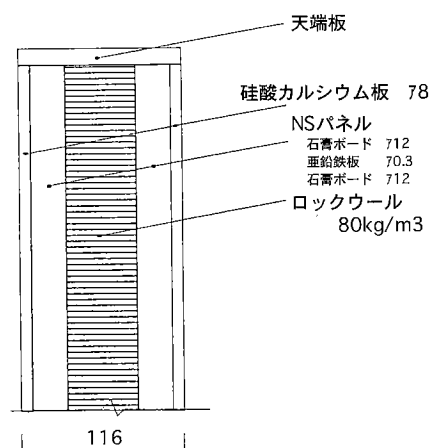


図-1 模型に用いた防音塀