

要 旨

自動車の排気音などの周期性低周波騒音を抑制する、能動制御による消音器を設計する場合、消音器の内部音場を把握して適切な二次音源の配置や設置方法を検討する必要がある。本研究では直管形の消音器モデルを用いて、制御前後の管内音場の可視化測定、及び周期性低周波騒音に適用する実験によりこの問題を検討した。

1. 緒 言

近年、自動車のマフラーなどの、排気系騒音を抑制する消音器における能動騒音制御(Active Noise Control,以下 ANC)の実用化が検討されている⁽¹⁾。実用化にあたり、消音性能に影響する設計要素を把握することは重要な課題となる。特に、より高い減音量や広い周波数範囲の制御を実現するためには、音響伝搬系の影響や消音器の内部音場を把握して適切な二次音源の設置位置や設置方法を検討する必要がある。

本研究ではANCによる消音器の設計を目的として、二次音源の適切な配置や設置方法、及びこれらが消音器の減音特性に与える影響について、制御前後の管内音場の可視化測定を用いて実験的に検討した。

2. 実験装置及び実験方法

2-1 実験装置 図1に実験装置の構成を示す。実験では排気マフラーを想定した直管形の消音器モデルを使用した。モデルは長さ800mm、断面100×100mmで、音源スピーカ、二次音源スピーカ、及び出口端から50mm離れた位置にマイクロホンが設置されている。制御系はマイクロホンが検出した出口放射音が常に最小となるように調整した二次音を出力する、適応フィードフォワード制御を行う。

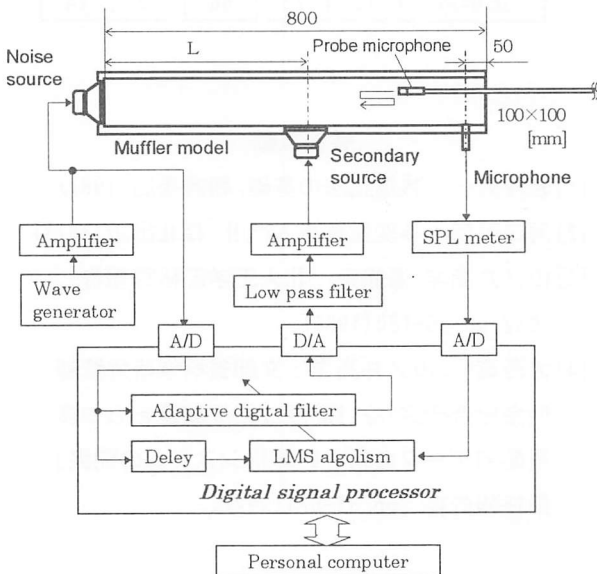


図1. 実験装置の概略

2-2 管内音場の可視化測定方法 消音器モデルの内部音場の詳細な把握は、走査マイクロホンを管の軸方向に垂直な平面を自動的に走査させ、連続的に音圧レベルを測定することにより行う。著者らは既に発光ダイオードによる可視化方法を考案しており、有効性を確認している^{(2),(3)}。しかし、この手法では二次音源近傍の急激な音場の変化が把握しにくい。本研究ではマイクロホンの出力をコンピュータで演算し、音圧レベルを数値化した。音圧レベル分布は測定データをグラフ化処理して5 dB毎に表示した等音圧線図で示す。

3. 実験結果及び考察

3-1 設置位置に関する検討 図2に、消音器モデルの1次共鳴周波数の310Hz純音を対象音とした制御前後の可視化測定結果、及びマイクロホン位置での減音量と制御時の二次音源出力の測定結果を示す。本実験モデルの場合、音源と二次音源との距離Lを対象音の1/2波長の長さ等に等しくすることにより、高い減音量が得られる⁽⁴⁾。よって、二次音源の設置位置は310Hzの1/2波長にほぼ等しい $L=500\text{mm}$ とした。この結果、制御前後で53.3dBと非常に高い減音量が得られた。また図2(b)より、このときの減音機構は二次音源の上流部におけるリアクタンス効果と、下流部における一次音と二次音の相殺干渉の、両方の減音効果が得られているものと考察される。従って、310Hz純音に対しては $L=500\text{mm}$ が適切な設置位置であると評価できる。同様に $L=500\text{mm}$ として、二次の共鳴周波数の500Hz純音を対象音とした実験結果を図3に示す。図3(b)より、二次音源の上流部が共鳴状態となるため、減音量は51.1dBと高いが制御時の二次音源の出力は非常に大きくなる。従って、500Hzに対しては制御出力の省力化の点で実用的といえない。図2,3から、適切な二次音源の設置位置は周波数に依存することがわかる。

3-2 分岐管による出力補正 図3(c)に分岐管を挿入して二次音源を設置した実験結果を示す。分岐管は500Hzの1/4波長に相当する長さ170mmであり、二次音源に対する共鳴器として作用する。図3(b), (c)を比較すると減音量はほぼ変わらないが、制御時の二次音源の出力は大幅に改善されている。

3-3 周期性低周波騒音による検討 実際の排気音をもとに合成した周期性低周波音を対象として、出

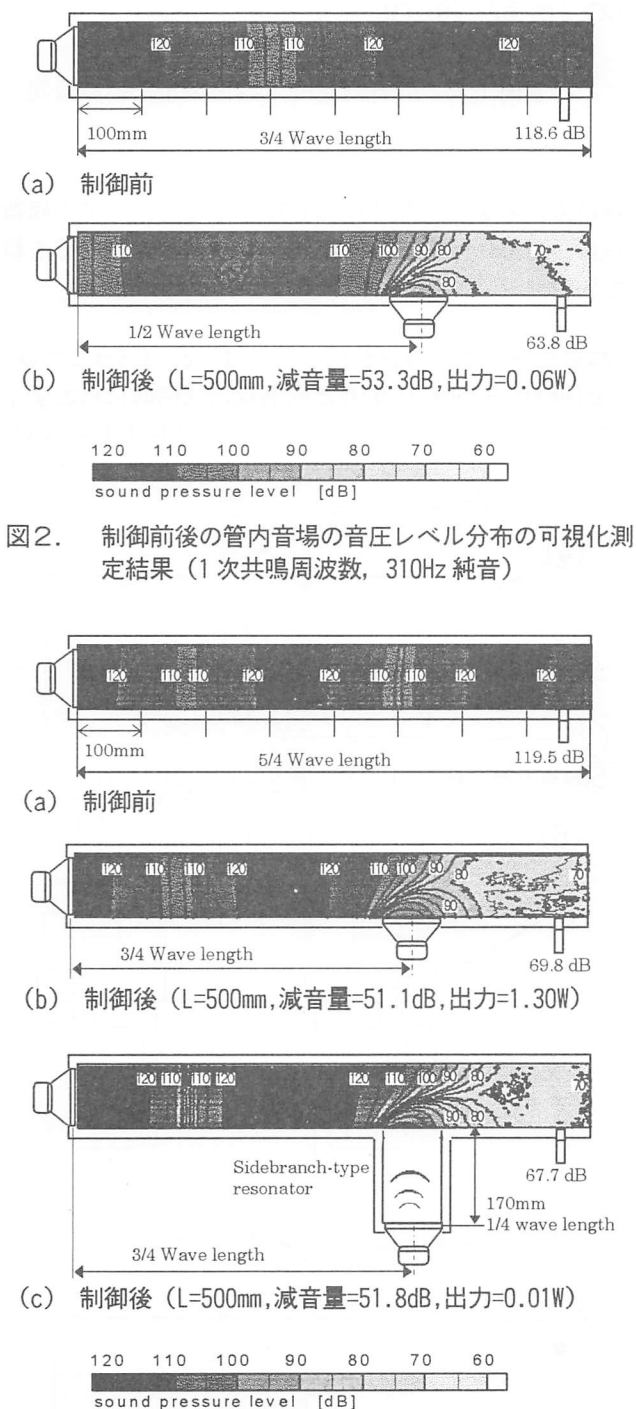
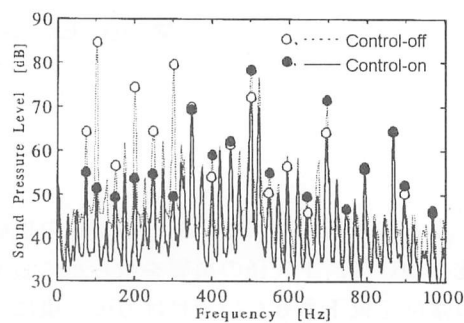


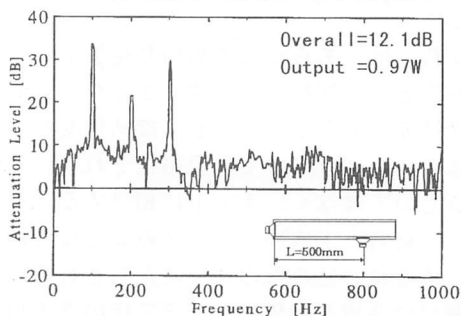
図2. 制御前後の管内音場の音圧レベル分布の可視化測定結果（1次共鳴周波数，310Hz 純音）

図3. 制御前後の管内音場の音圧レベル分布の可視化測定結果（2次共鳴周波数，500Hz 純音）

口から 250mm 離れた位置で測定した制御前後の放射音の周波数特性，及び減音特性を図4に示す．二次音源はモデルの音響特性を考慮して $L=500\text{mm}$ の壁面に設置している．図4(b)の減音特性をみると，300Hz 以下の周期性成分に対し特に高い減音効果が得られているが，300Hz 以上の周波数帯域ではほとんど減音されていない．これは設置位置の影響による 500Hz 成分の出力，すなわち卓越したゲインが制御系に影響したた



(a) 制御前後の放射音の周波数特性



(b) 消音器の減音特性

図4. 周期性低周波音に対する消音器モデルの減音特性（ $L=500\text{mm}$ ，壁面に直接設置）

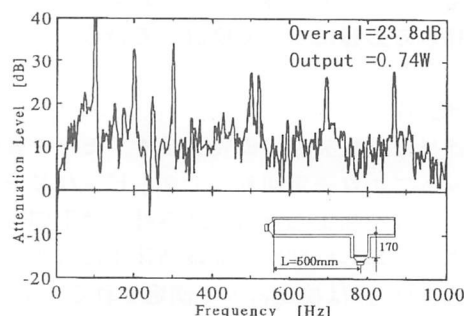


図5. 周期性低周波音に対する消音器モデルの減音特性（ $L=500\text{mm}$ ，分岐管を挿入して設置）

めと推測される．そこで，前節の分岐管を挿入したタイプを用いて同様に実験を行った．この結果を図5に示す．図より，減音特性が大幅に改善されており，特に減音量では 23.8dB と，図4(b)のほぼ2倍近い効果が得られている．

4. 結 言

直管形の消音器モデルにおける二次音源の適切な設置位置は，音源から対象音の $1/2$ 波長離れた位置であることを明らかにした．また，周期性低周波騒音に対して適用する際，設置位置の影響を考慮した分岐管を挿入して二次音源を設置することにより，消音器の減音量及び減音特性を改善できることが明らかとなった．

文 献

- (1) 西村・新井，日本音響学会誌，45-9(1989)，672.
- (2) 井坂・西田・齊当，1995年度精密工学会北海道支部学術論文集，p129.
- (3) 西田・丸山，機論，51-461，C(1989)，223.