

アクティブマフラーにおける二次音源の複数配置

室蘭工業大学 ○井坂秀治, 西田公至, 齊当建一

要 旨

本研究では自動車の排気音などを抑制するアクティブマフラーの設計を目的とし、複数の二次音源を用いて制御を行う場合の二次音源の適切な配置について検討した。実験では直管形の消音器モデルを対象に、1つの制御系で2個の二次音源を用いる場合の二次音源の配置について管内音場の可視化測定に基づいて検討した。

1. 緒 言

近年、空調機器や自動車のマフラーなどの排気系騒音を抑制する方法として、能動騒音制御 (Active Noise Control, 以下 ANC) が実用化されつつある⁽¹⁾。ANCによる消音器、すなわちアクティブマフラーの基本的な制御系は騒音検出用センサ、制御誤差検出用センサと1個の二次音源により構成される。しかし一般に排気系騒音は低周波音であり、かつ発生音が大きいため、実際には複数個の二次音源を用いることが多い。このとき、1つの制御系で複数個の二次音源を用いるためには、消音器内部の音響系を考慮して二次音源を配置する必要がある。

本研究ではアクティブマフラーの設計を目的として、1つの制御系で2個の二次音源を用いる場合について、適切な二次音源の配置を制御前後の消音器内部音場の可視化測定を用いたモデル実験により検討した。

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。消音器モデルは排気マフラーを想定しており、長さ800mm、断面100×100mmの直管形である。音源と二次音源にはスピーカを使用している。また、2つの二次音源は増幅器に並列接続しており、管路壁面に対向させて設置

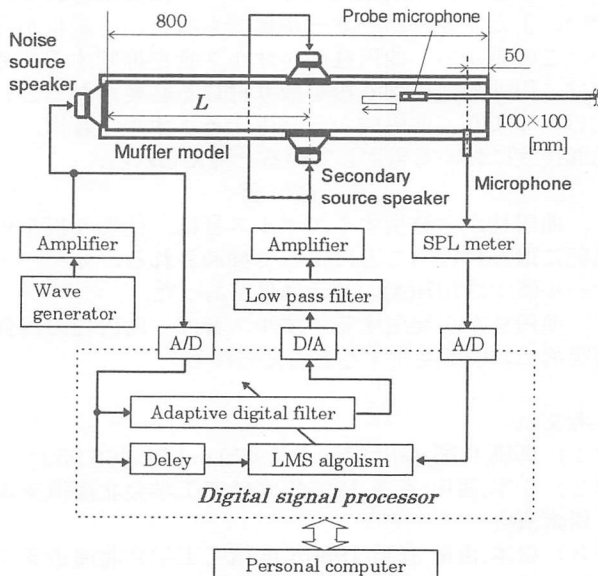


図1. 実験装置の概略

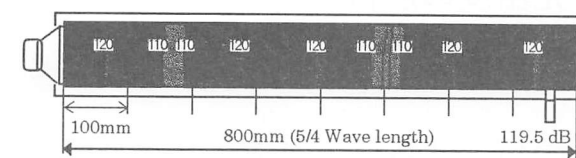
している。ここで、音源と二次音源の距離をLとする。また、制御誤差検出用センサとしてマイクロホンを出口端から50mm離れた管壁に設置している。

2.2 制御方法 制御方法はLMS適応フィードフォワード制御であり、音源と相関の高い入力信号をもとに、制御誤差である出口放射音が常に最小となるように調整された二次音を出力する。1つの制御系で2個の二次音源を用いた場合、制御出力は1つであるため、各々の二次音源は同振幅・同位相で駆動する。なお、適応信号処理にはDSPを使用している。

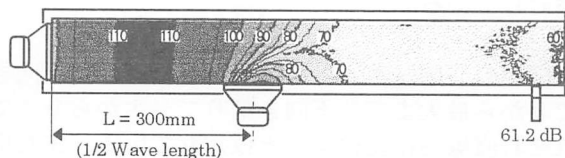
2.2 管内音場の可視化測定方法⁽²⁾ 消音器モデルの内部音場は、走査マイクロホンを管軸を含む垂直平面で自動的に走査させて連続的に音圧レベルを測定し、管内の音圧レベル分布を用いて可視化する。音圧レベルの測定には騒音計、A/Dコンバータ及びコンピュータを用いており、測定結果は逐次数値化され、記録される。また音圧レベル分布は測定データをグラフ化処理し、5 dB毎に表示した等音圧レベル線図で示す。

3. 実験結果及び考察

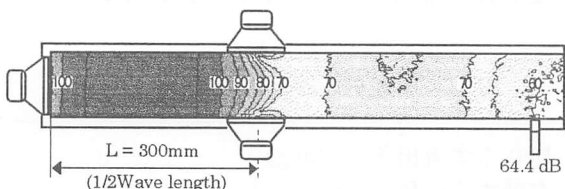
3.1 2個の二次音源を用いた場合の効果 図2に、消音器モデルの3次共鳴周波数である500Hzの純音を対象音とした制御前後の可視化測定結果を示す。対象音は音源スピーカから0.03Wで出力した。ここで、二次音源の設置位置はL=300mmの位置であり、この長さは500Hzの1/2波長に相当する長さにはほぼ等しい。本実験モデルのような直管形のアクティブマフラーの場合、この設置条件において最も二次音源の出力が小さく、かつ高い減音量が得られる⁽³⁾。図2(a)は制御前、(b)は二次音源を1個、(c)では2個を同位置に対向させて設置した実験結果を示す。図2(b)と(c)を比較すると減音量はほぼ変わらないが、制御時の二次音源の出力は2倍近く異なっている。ただし、この場合の二次音源の出力はスピーカの駆動電力であり、ANCによる減音に必要な音響パワーを表す量ではない。従って二次音源の出力を用いてANCの制御面の効率を比較する事はできないが、単純に二次音源における消費電力のみを評価すると、二次音源を2個で用いた方が省力化が可能であり、かつ高い減音効果が得られるといえる。特に図(c)は、1個の二次音源の場合の1/2の消費電力にも関わらず約55dBと、非常に高



(a) 制御前

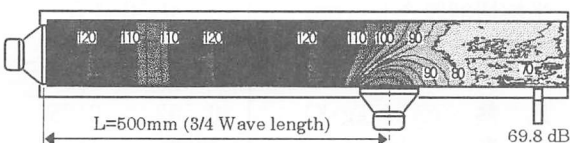


(b) 制御後 (L=300mm, 減音量=53.3dB, 出力=0.06W)

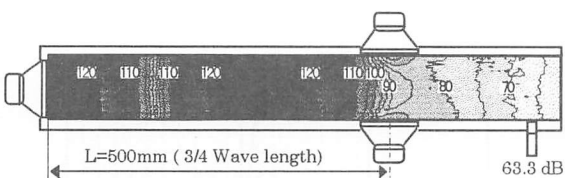


(c) 制御後 (L=300mm, 減音量=55.1dB, 出力=0.03W)

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 (3次共鳴周波数, 500Hz 純音, L=300mm)



(a) 制御後 (L=500mm, 減音量=49.7dB, 出力=1.30W)



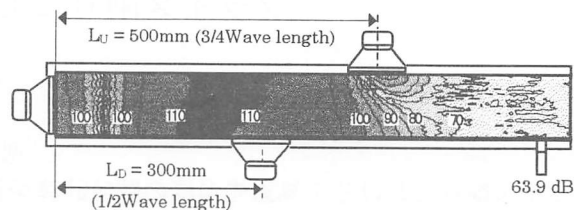
(b) 制御後 (L=500mm, 減音量=56.2dB, 出力=0.81W)



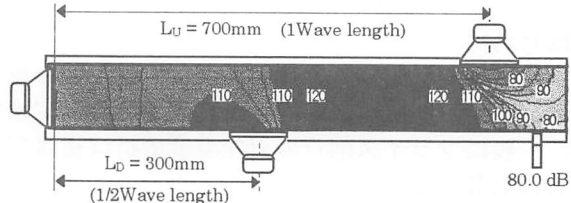
図3. 制御前後の管内音場の音圧レベル分布の可視化測定結果 (3次共鳴周波数, 500Hz 純音, L=500mm)

い減音量が得られている。

同様に、L=500mm の場合の実験結果を図3に示す。このとき、Lの長さは500Hzの3/4波長に相当する長さである。この設置条件では、制御後の二次音源よりも音源側の上流部において共鳴が起こる。従って、高い減音効果を得るためには非常に大きな二次音を必要とし、制御時の二次音源の出力は非常に大きくなる。図3(a)には1個の、(b)には2個の二次音源を設置したときの可視化測定結果を示す。図より、図2の結果



(a) 制御後 ($L_U=500\text{mm}$, $L_D=500\text{mm}$, 減音量=55.6dB, 出力=0.11W)



(a) 制御後 ($L_U=500\text{mm}$, $L_D=500\text{mm}$, 減音量=39.5dB, 出力=3.71W)

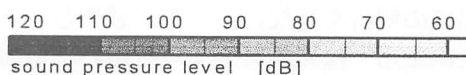


図4. 制御前後の管内音場の音圧レベル分布の可視化測定結果 (3次共鳴周波数, 500Hz 純音)

と同様の傾向が得られており、特に減音量では図2の場合よりも二次音源を2個設置したことによる効果が大きい。このことは、発生音が大きな音源に対しては複数の二次音源を用いた方が減音量が高く、かつ消費電力を省力化できることを示している。

3.1 2個の二次音源の配置に関する検討 次に、500Hz 純音を対象音にして、2個の二次音源の配置について検討した結果を図4に示す。一例として、音源との距離 $L_D=300\text{mm}$ に一方の二次音源を設置し、もう一方の二次音源を $L_U=500\text{mm}$ に設置したときの実験結果を図4(a)に示す。この結果から、対向させた二次音源をずらして配置してもANCが可能であり、高い減音効果が得られることがわかる。また、図4(c)に図の上側の二次音源を $L_U=700\text{mm}$ に設置した結果を示す。この長さは500Hzの整数倍である1波長に相当する。図より、制御時の二次音源の出力は3.71Wと非常に大きいにも関わらず減音量は約40dBである。これは、2個の二次音源間の距離が500Hzのほぼ1/2波長に相当し、位相差が180度であるため互いの制御音が打ち消しあうように干渉してしまい、十分な減音効果が得られなかったものと推測される。

4. 結 言

1つの制御系で2個の二次音源を用いる方法として、二次音源を対向させて同位置に配置することにより、1個の場合よりも高い減音効果が得られ、かつ消費電力を省力化できることを明らかにした。

文 献

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