

要 旨

広帯域の周波数成分で構成される騒音を能動制御による消音器を用いて抑制する際、消去用の付加音源を設置する位置に応じて消音器の減音特性が変化する。この問題に対し、直管形状の能動的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を行い、付加音源の位置が減音特性に与える影響を実験的に検討した。

1. 緒言

近年、騒音の能動制御 (Active Noise Control, 以下 ANC) に関する研究が盛んに行われており⁽¹⁾⁽²⁾、空調ダクトや自動車のマフラーに対する実用化が検討されている。ANCの原理は、伝搬する1次音波に同振幅・逆位相の2次音波を付加音源から放射し両者を干渉させて消去するものであり、従って消音器の減音特性は付加音源の位置に大きく影響されることが予測される。

本研究では、能動的消音器の付加音源の最適な位置を検討することを目的として、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を行い、付加音源の位置と管内音場の関係を実験的に検討した。

2. 実験装置及び実験方法

2-1 能動的消音器及び可視化測定方法

図1に実験装置の概略図を示す。消音器モデルは断面100×100mmの直管で、消去用の付加音源スピーカと制御の誤差を検出するマイクロホンが壁面に設置されている。付加音源の位置は試験的に実験モデルの中央

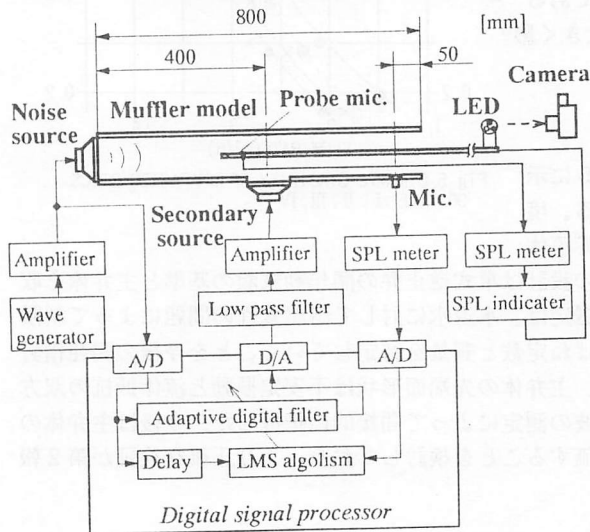


図1. 実験装置の概略

とした。制御部はDSPを用いた適応フィルタにより構成され、誤差検出マイクロホンが検出する1次音と2次音の干渉した結果が常に最小となるようにフィードフォワード制御を行う。適応デジタルフィルタはサンプリング周波数5kHz、タップ数を100とした。

実験モデルの内部音場の可視化測定は、3色の発光ダイオード(LED)を1カ所に取り付けた走査マイクロホンにより、管内の音圧レベルを連続して測定し、5dBごとに3色のLEDを順次反復点滅させ、音圧レベル分布を3色の光跡としてカラーフィルム上に記録することにより行う。この手法により、ANC前後の管内の定常的な音場を測定することが可能である。

2-2 付加音源の位置と管内音圧分布

管内を伝搬する音波は、反射波の影響により定在波となり音圧と粒子速度振幅の大きさが空間的に定まった位置に分布するため消音器の減音特性に影響する要因として考えられる。図2に、付加音源の位置で音圧の振幅が最大になる腹と、最小になる節の周波数を示す。可視化測定では、1次の音圧の節である400Hzと1次の音圧の腹である600Hzの純音を対象とした。

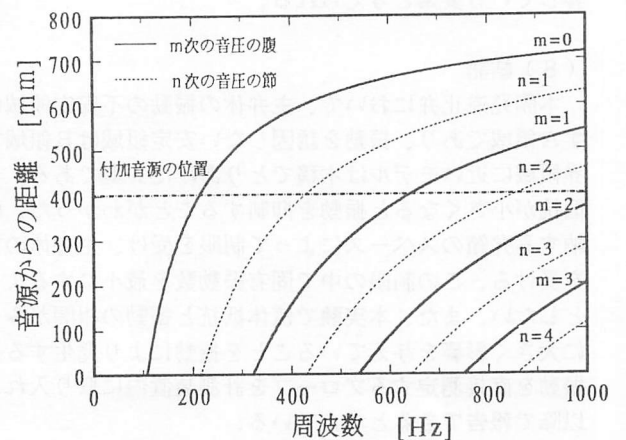


図2. 管内音圧分布の腹と節の位置

3. 実験結果及び考察

3-1. 純音に対する制御前後の内部音場の可視化

400Hz と 600Hz の純音を対象として制御前後の管内音場の可視化測定を行った結果を図3及び図4に示す。

図3の結果から制御前後のモデル出口で約 40dB の減音効果が得られている。また、制御後は付加音源の上流にのみ定在波が分布し、音源と付加音源の距離が 1/2 波長に等しいため両端に音圧の節が存在する反共鳴状態になっている。図4の結果から、制御前後で約 27dB の減音効果が得られている。付加音源の上流部では 2 次音が伝搬して 1 次音と干渉し、かつ距離が 1/4 波長に等しいため共鳴状態になっている。ここで、制御後の付加音源の位置における 1 次音の粒子速度振幅は、反共鳴状態では最小で共鳴状態では最大となる。ANCにおいて付加音源は粒子速度振幅を管内音場に対し与えるため、反共鳴モードに相当する周波数では減音効果が高くなる。逆に共鳴モードでは付加音源の駆動に大きなエネルギーを必要とし、結果として適応フィルタのゲインがピークになる。このときフィルタの演算誤差なども増幅されるため制御誤差も大きくなり、減音量が減少する。この影響は音源のパワー及び周波数が高くなるにつれて顕著になる。

3-2. 広帯域雑音に対するANC

約 1 kHz に帯域制限したホワイトノイズを対象とし、モデル出口から 250mm 離れたマイクロホンにより測定した制御前後の音圧周波数特性を図5に示す。全体では 12dB、反共鳴モードの 400, 800Hz 付近では約 20dB、共鳴モードの 600Hz 付近では 6dB 程度の減音効果が得られており、各モードの周波数が消音器としての減音特性に影響を与えていることが明らかになっている。

4. 結言

直管形の能動的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を行った結果、付加音源と音源との距離を対象とする周波数の 1/2 波長と等しくすることにより減音量を高めることが明らかとなった。また、広帯域周波数においても同様の効果があり、減音特性に影響することが明らかとなった。

参考文献

- (1) 中路, 木下, “車室内音場特性に着眼したこもり音のアクティブ制御技術の研究”, 機論, 59-565, C(1993), 2733
- (2) 田中, 松本ら, “排気音の能動制御に関する境界要素法シュミレーション”, 機論, 59-560, C(1993), 1097

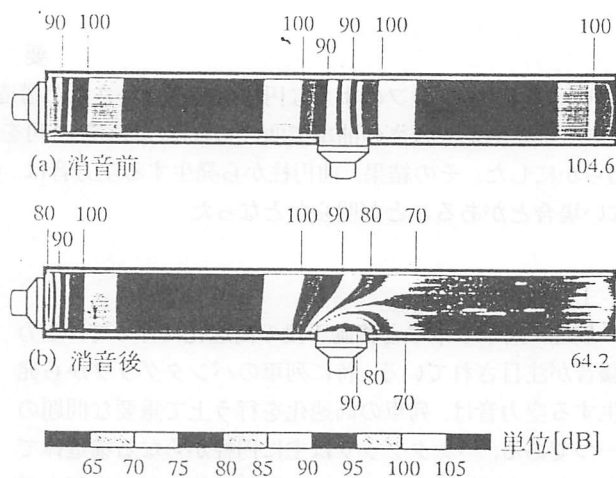


図3. 管内音場の音圧レベル分布の可視化測定結果 (400Hz 純音)

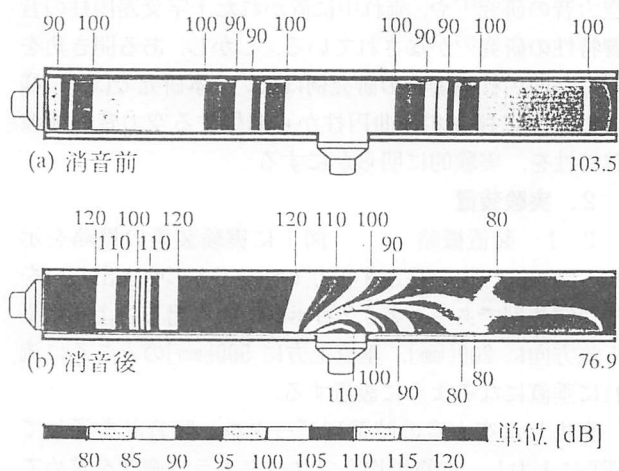


図4. 管内音場の音圧レベル分布の可視化測定結果 (600Hz 純音)

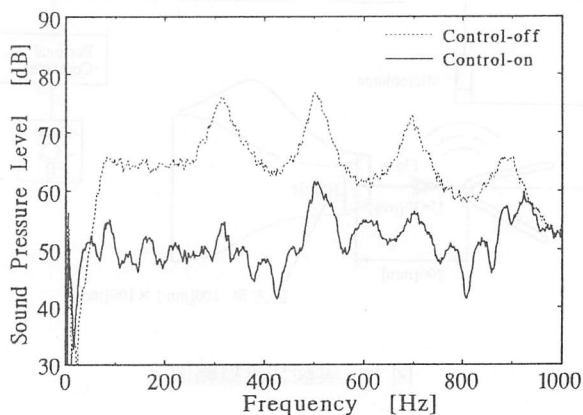


図5. 能動消音前後の放射音の周波数特性