

ホールトーンの低減について

川口 太生 亀岡 正樹 谷杉 竜宏 中園 与一 園田 義人 (九州東海大学 工学部)
田中 啓一 (九州工業大学)

1 はじめに

消音器内部に発生するフィードバック音の低減方法として、ノズル出口周辺部にタブを設ける方法が有効であることが、最近の研究により確認された^{1),2)}。この方法は、従来用いられている空洞型消音器と比べ、装置形状を小型化できる利点がある。

消音器入口部の噴流のせん断層と下流側の噴出口で発生した圧力変動が干渉することによって音が発生する機構は、ホールトーンの発生機構と等しい。本研究はどのようなタブ形状がホールトーンの低減に最も有効なのか、音響学的・流体力学的に調べることを目的とする。

2 実験装置及び方法

Fig.1 に実験装置の概略図を示す。消音器で上流の騒音を除いた空気は、気流を整流させる為にプレナムチャンバに入る。そしてプレナムチャンバのノズル(直径30mm)から円形状の穴(同径)のある可動式プレート(以下、プレートとする)に向け噴出される。流速はプレナムチャンバ内の圧力を基に、水銀マノメータで読み取る。各種ノズルに設置したタブは底辺と高さの等しい三角形の形状をしており、推進力低下を考慮して、ブロックージ比(ノズル面積に対するタブの面積の割合)が約5%以内で作成している。各タブプレートの名称は、hの後ろがタブ高さ、ntの後ろがタブ数を示している。

音響測定では流速を $M=0.25$ 一定で、 $X=10\text{mm}$ ・ $Y=400\text{mm}$ の位置に1/4インチマイクロホンを設置し、プレート間($L=0\sim 150\text{mm}$)で2mmおきにプレートを移動させて、音圧レベルと周波数を求めた。Y-Z 噴流断面の可視化は、流速が $M=0.1$ のスモークを含んだ噴流を流し、スリット光を噴流に照射しY-Z 噴流断面を撮影した。X-Y 噴流断面の可視化は、流速が $M=0.025$ でスモークを含んだ噴流を流した。Y-Z 断面の可視化は $X=10, 20, 40, 60, 80\text{mm}$ で撮影し、X-Y断面の可視化では、ノズル中心部より $Z=+15\text{mm}$ 、 $\pm 0\text{mm}$ を撮影した。またY-Z 噴流断面の平均画素数を求め、面積比を計算した。基準値は No Tab の $X=10\text{mm}$ での平均面積である。

3 実験結果

Fig.2 は No Tab, $M=0.25$ におけるLと周波数、LとSPLの関係を示した図である。ホールトーンの発生機構はフィードバック音と噴流軸方向の形状に起因する共鳴音である為、噴流軸方向の共鳴周波数¹⁾とRossiterのフィードバック周波数¹⁾から、それぞ

れの周波数を計算して、測定した周波数と比較した。なお、計算で用いた渦の移流速度は、本実験から主流速度の0.57倍である。この図ではフィードバック音周波数第4モードと共鳴周波数の第1モードがかなり接近し、その付近での発生音が最も多く、発生するLの範囲が広い。その音圧レベルが強いことがわかる。

Fig.3 は $M=0.25$ 、タブが OASPL に与える影響を示した図である。最も OASPL が低減されているのは h3nt4Tab であることがわかる。h3nt2Tab, h3nt3Tab も No Tab に比べて低下しており、タブ数が多くなるほど OASPL が低減されている。しかし、h2nt8Tab では $L=90\text{mm}$ でピークの発生が確認されることから、タブの高さが低いと噴流形状に影響を与えない為、OASPL の低減に効果がないことと、タブ数が多すぎること、低減に効果のないことがわかった。

Fig.4 は $X=60\text{mm}$ でのY-Z 噴流断面を可視化した図である。噴流の断面の形状がノズル形状と同じ形状で広がっていることがわかる。これより噴流はタブの影響を受け、プレートの円形エッジ部に均等に衝突しなくなることにより、フィードバック音が発生しなくなると考えられる。

Fig.5 は $L=80\text{mm}$ でのX-Y 噴流断面($Z=\pm 0\text{mm}$)を可視化した図である。タブを付けることにより噴流形状が変化し、下流側で噴流が弱められていることがわかる。h2nt8Tab と h3nt4Tab を比較すると、h3nt4Tab は噴流が弱められた範囲が広く、タブ高さが低いと噴流形状に影響を与えにくいことがわかった。

Fig.6 はY-Z 噴流断面の面積比とLの関係を表した図である。全体的にタブ付きノズルは No Tab に比べ噴流断面面積比が大きくなっていることがわかる。また、ホールトーンの低減に効果のあった h3nt4Tab と他のタブ付きノズルの面積比があまり差のないことからホールトーンの低減に噴流断面面積は関係しないことがわかった。

4 まとめ

本研究の結果、ノズル直径30mmでのホールトーンの低減に最も有効なノズル形状は $h=3\text{mm}$ 、 $nt=4\text{Tabs}$ であることがわかった。

参考文献

- 1) 白砂高志、中園与一:機械学会宮崎地方大会講演論文集 No.988-2 (1998)。
- 2) Y.Nakazono and Y.Sano :AIAA paper 99-1828 (1999)。

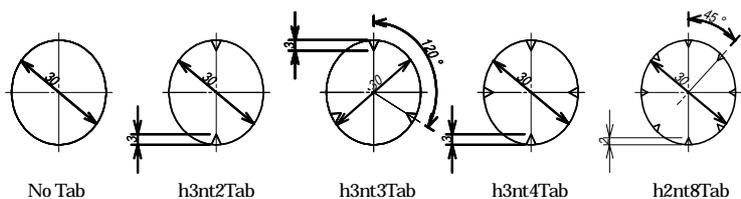
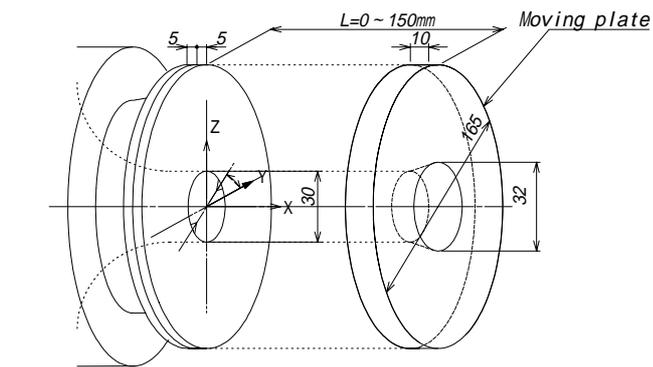
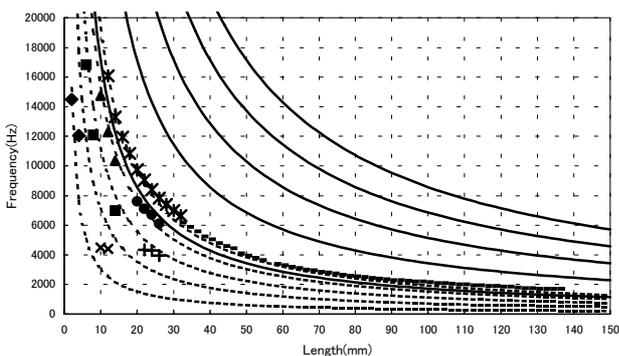
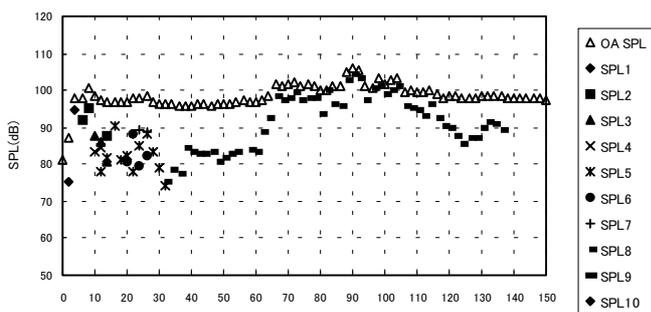


Fig.1 実験装置概略図と各タブ形状



(a) Frequency vs. L



(b) SPL vs. L

Fig.2 ホールトン周波数と音圧レベル(NoTab M=0.25)

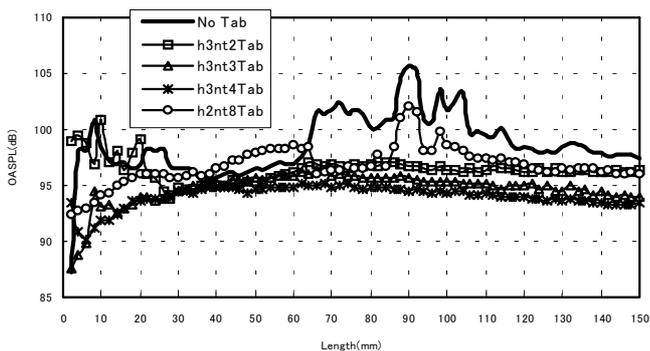


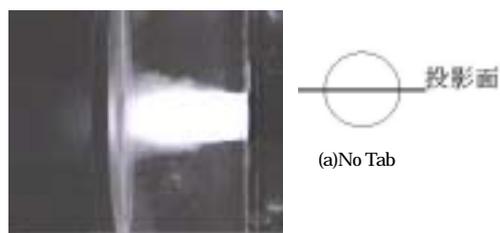
Fig.3 各タブの最大音圧レベルとLの関係



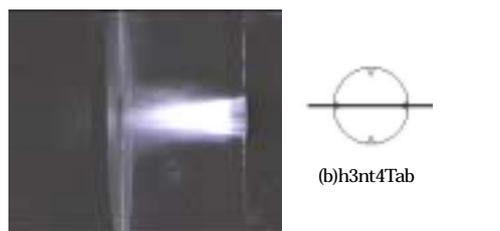
(a) No Tab

(b) h3nt4Tab

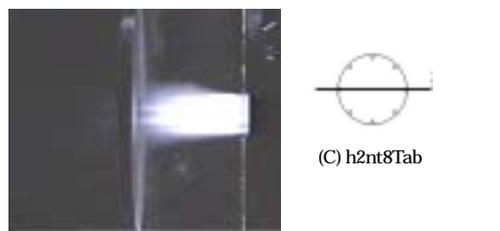
Fig.4 Y-Z 噴流断面の可視化(X=60mm M=0.1)



(a) No Tab



(b) h3nt4Tab



(c) h2nt8Tab

Fig.5 X-Y 噴流断面の可視化(Z= ± 0mm M=0.025)

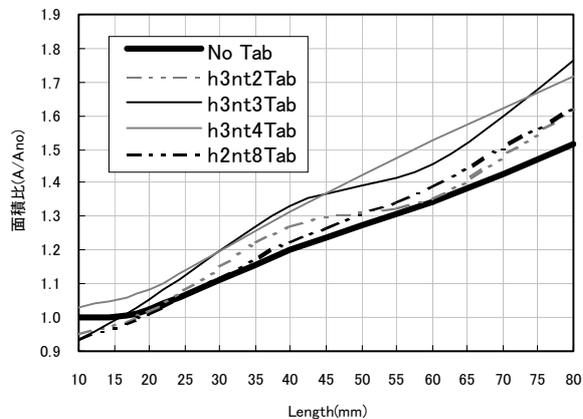


Fig.6 各タブの Y-Z 噴流断面面積比とLの関係