

斜孔多孔管の空力音響特性に関する研究

江頭伸一郎, 中田佳織, 瀬戸邦聰 (佐賀大)

1. 序論

超音速旅客機の開発を初めとして, 現代の文明の利器の開発のためには, 技術者は不要な音の発生を抑え, かつ高速, 高効率で運転できる機械の開発を要求される. 本研究室では, 静かで速い流れの実現のために, ジェット騒音の除去を目的としている. ジェット騒音を低減するため, 機械式チューブ型消音器である多孔管を用いた, 消音器の孔形状による性能の改善を試みた研究である. ジェット騒音の発生, 低減のメカニズムを考え, それを考慮に入れながら多孔管を設計を行った. 特性を比べるために, 音響測定, 高速度カメラによるシュリーレン法を行った.

2. 基礎理論

ジェット騒音は亜音速と超音速では性質が違い, 亜音速ではジェット騒音は乱流混合騒音のみであるが, 超音速になると乱流混合騒音の他に, 衝撃波と渦から発生する衝撃波関連騒音が新たに加わる. 衝撃波関連騒音は 2 種類ある. 1 つはジェットスクリーチと呼ばれ, 固有振動数からなる強い騒音である. 他方は広帯域衝撃波関連騒音と呼ばれ, 指向性を持ち, ジェット軸とマッハ角をなす方向に伝播する性質をもつ. スクリーチについてもう少し考えてみる. 超音速ジェットは周期的構造を有し, 衝撃波が規則的に並んでみられる. 渦が衝撃波の 1 つを通過するとき, 音のパルスが上流に向かって放射される. この音波がノズル口のところで新しい渦を作り, この渦が流されて再び衝撃波と干渉し, この周期が繰り返される. このフィードバックの機構はエッジ音と類似している. このようにスクリーチは衝撃波の作るセル構造が原因となり, 渦が一定間隔のセルと相互作用して固有の振動数をもつ強いスクリーチ音が発生する.

3. 実験方法

3.1 音響測定方法 所定の集合胴圧に保った圧縮空気を, 先細ノズル及び多孔管を経て, 半無音響室内の大気中に噴出させるとき発生する音を 1/4 インチのコンデンサ型マイクロホンで拾い, その信号をメジャーリングアンプによって増幅し, FFT アナライザーによって OVERALL 値, PEAK 値の測定を行った. (Fig.1 参照) 測定値はマイクロホンと多孔管出口中心 (ノズルのみの時はノズル出口中心) が同一水平面上かつ $60D$ (D はノズル出口径 10 mm) 離れたところで噴流軸に対し 30 度, 90 度方向の位置とした. 測定圧力は $1.0 \sim 3.0 \text{ kg/cm}^2$ までは 0.2 kg/cm^2 刻み, その後は 3.4, 3.8, 4.0, 4.4, 4.8, 5.2, 5.6, 6.0 kg/cm^2 の範囲で行った.

* Study on aero-acoustic characteristic of perforated tube with oblique perforation.

By Egashira Shinichirou, Nakata Kaori, Seto Kunisato (Department of Mechanical Engineering, Faculty of Science and Engineering Saga University)

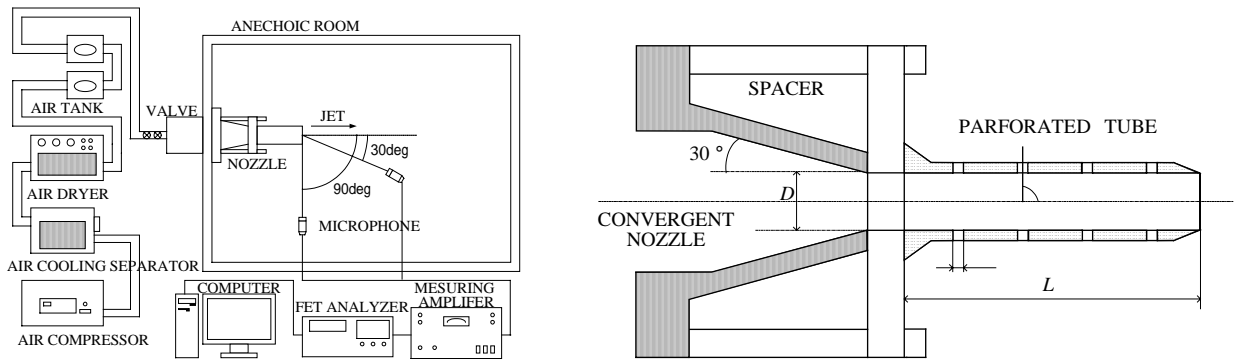


Fig.1 Configuration of Convergent Nozzle and Perforated Tube

3.2 シュリーレン法による流れの可視化 ノズルまたは多孔管から出る噴流を視覚的に考察するために、シュリーレン法により流れの可視化実験をおこなった。水銀灯から発する水銀光を平面鏡によって反射させ、2つの凹面鏡により測定部において平面光線となるようにする。更にその光線を平面鏡により反射させ、ナイフエッジを経て高速度カメラに取り込む。光源と高速度カメラは、測定部を通る光線の互いに反対側に配置する。圧力は集合胴ゲージ圧 $1.0 \sim 3.0 \text{ kg/cm}^2$ までは 0.2 kg/cm^2 刻み、 3.0 kg/cm^2 以上では $3.4, 3.8, 4.0, 4.4, 4.8, 5.2, 5.6, 6.0 \text{ kg/cm}^2$ の範囲でバルブ操作を行った。

4. 消音装置

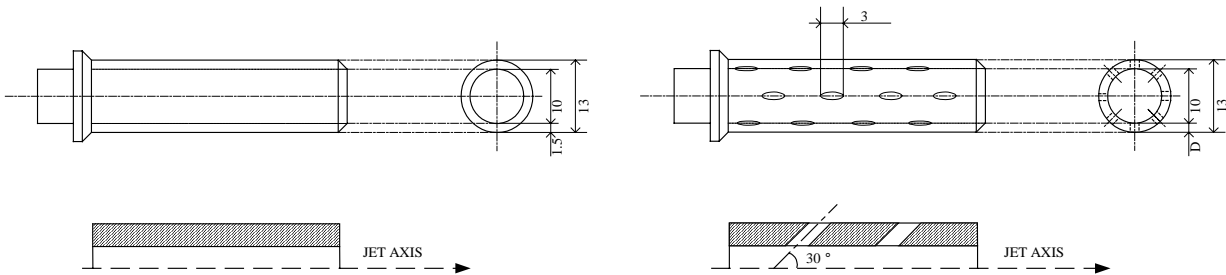


Fig.2 Imperforate Tube (Basetube)

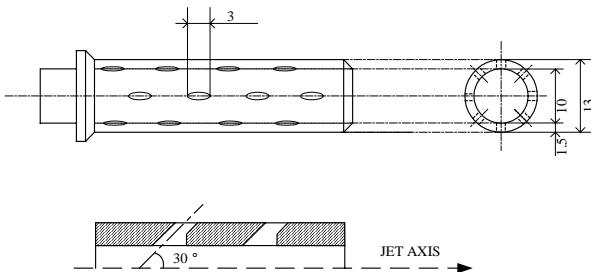


Fig.3 Perforated Tube with Edge-Cut-Oblique-Perforation (OE-type)

No.	肉厚 D	穴の面積	外径	内径	空隙率
1	0.5 mm	1.125 mm ²	50 mm	11.0 mm	0.0686
2	0.7 mm	1.125 mm ²	50 mm	11.4 mm	0.0673
3	1.0 mm	1.125 mm ²	50 mm	12.0 mm	0.0655
4	1.5 mm	1.125 mm ²	50 mm	13.0 mm	0.0626
5	2.0 mm	1.125 mm ²	50 mm	14.0 mm	0.0600

Fig.4 Perforated Tube with Oblique Perforation (O-type)

5. 実験結果及び考察

30度と90度方向の可聴音域のOASPLについては、低圧域でO-Typeの肉厚が1.5mmと2.0mmの場合は、孔にエッジがあるために特定の周波数をもつピーク音であるエッジトーンが顕著に現れ、OASPLが大きくなっている。(Fig.9(a)参照)しかし、O-Typeの肉厚が0.5mm, 0.7mm, 1.0mmの場合は、エッジトーンが低減されOASPLが低くなっている。(Fig.9(a)参照)OE-Typeの場合は孔のエッジを丸めた形のため、エッジトーンが低減され、OASPLが低くなっている。(Fig.9(a)参照)また、高圧域では主な騒音源として、ジェットスクリーチが考えられる。全ての多孔管において、高圧域における管出口の不足膨張状態が緩和され適正膨張に近づくため、ジェットスクリーチは発生せずに騒音低減になった。適正膨張流れであることは、シュリーレン法による可視化によっても確認できる。(Fig.9(b)参照)これよりO-Typeの肉厚を比較してみると、エッジの肉厚を薄くすることがエッジトーンの除去に関係していることが考えられる。また、エッジを丸めることは、エッジトーンの除去のために効果があることが確認できた。

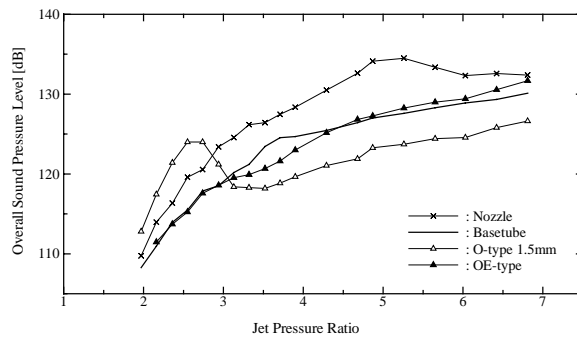


Fig.5 OASPL as a function of jet pressure ratio for Edge-Cut-Oblique-Perforation. Measured at 30 deg

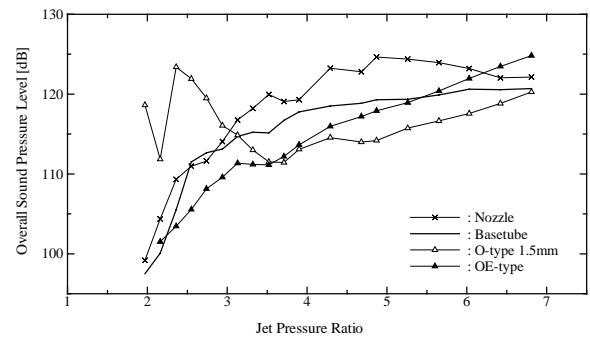


Fig.6 OASPL as a function of jet pressure ratio for Edge-Cut-Oblique-Perforation. Measured at 90 deg

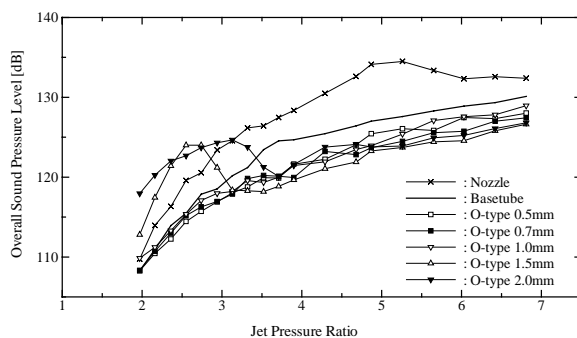


Fig.7 OASPL as a function of jet pressure ratio for a series of oblique perforation. Measured at 30 deg

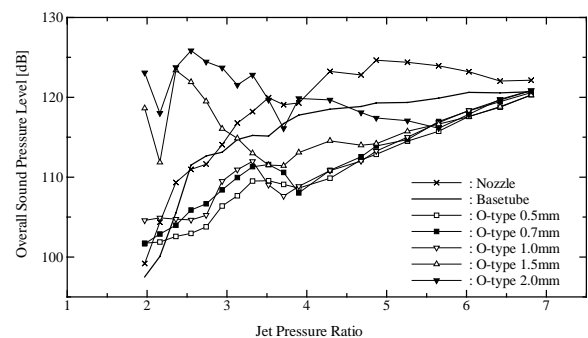
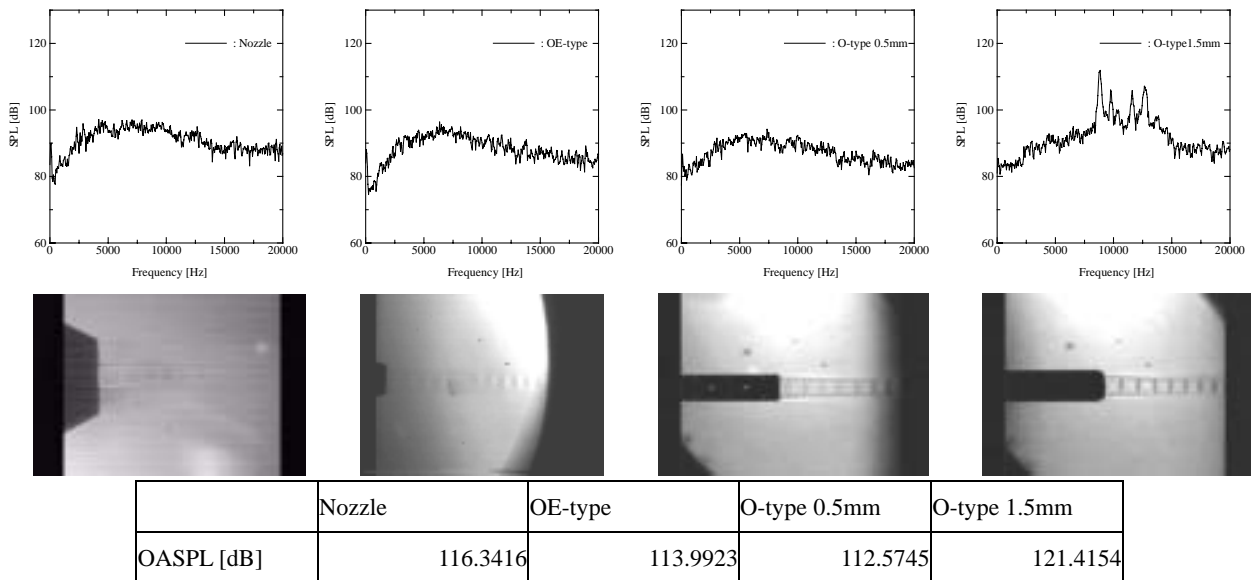
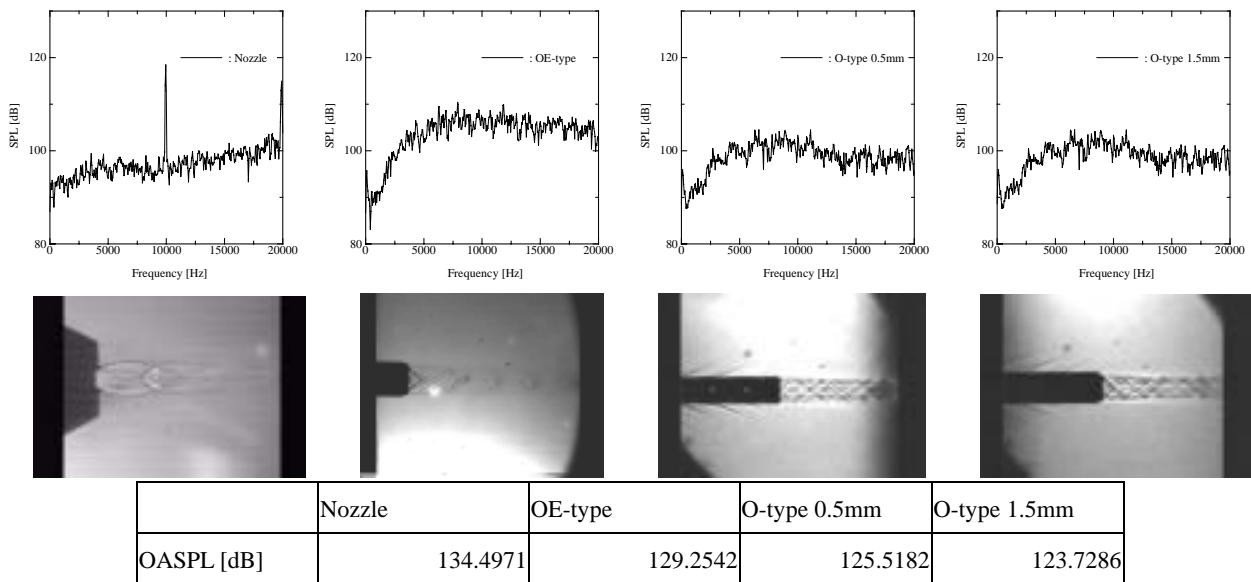


Fig.8 OASPL as a function of jet pressure ratio for a series of oblique perforation. Measured at 90 deg



(a) Jet Pressure Ratio=2.36, Measured at 30deg



(b) Jet Pressure Ratio=5.26, Measured at 30deg

Fig.9 Acoustical spectrum analysis of perforate tube

6. 結論

これまでの実験結果及び考察から，多孔管の音響特性は次のように要約できる．低圧域においては，エッジトーンを低減するために，管の肉厚を薄くすることは効果があることが確認することができた．これにより，O-Type 0.5mm (Fig.4 参照) が高い消音効果がある．また，O-Type と OE-Type を比べても分かるように，エッジトーン除去のためにエッジを丸めることは，騒音低減効果があると考えられる．

また，高圧域においては，どの多孔管も優れた消音効果がある事が確認できた．