

シンセティックジェットの可視化

Flow visualization of a synthetic Jet

○佐藤慶斗¹, 高橋俊将¹, 村松旦典², 大竹智久²*Keito Sato¹, Toshimasa Takahashi¹, Akinori Muramatu², Tomohisa Otake²

The demand miniaturization of fluid apparatus, such as energy saving have become stricter. Further, the flow separation leads to performance degradation of the device is also a problem. The synthetic jet and a flow that is allowed to vibrate a gas by the vibration of the vibrating device and the speaker, and out while forming a vortex in the spout, such as nozzle outlet. Thus, the flow rate of the jet at the outlet is zero, it is possible to inject the flow with motion positive force to the outside from the nozzle outlet. This is expected because it can be ejected fluid by a simple apparatus, and can achieve simplification and miniaturization of the mechanism.

1. 緒言

近年, 流体機器の小型化, 省エネルギー化などの要求が厳しくなっている. また, 流れの剥離が機器の性能低下につながることも課題となっている. これらを解決するために流れの能動制御が注目されている. 能動制御のアクチュエータとしてプラズマアクチュエータやシンセティックジェットが存在する.

シンセティックジェットとは, スピーカーや振動装置の振動により気体を振動させ, ノズル出口などの噴出口で渦を形成しながら流出する流れである. これにより, 出口での正味の流量はゼロであるが, ノズル出口から外部に正の運動力を持つ流れを噴射することが出来る. これは簡易な装置で流体を噴出出来るため, 機構の簡略化, 小型化を実現できると期待されている^[1]. 一方で, 気体を振動させることによる騒音問題が報告されている^[2]. したがって, シンセティックジェットを解明することで今後の流体機器に応用出来るのではないかと考えられる.

本研究ではシンセティックジェットを発生させ, ノズル出口でその流れの可視化を行い渦構造の観察, 速度場の測定を行うことを目的とする.

2. 実験装置

シンセティックジェットを形成するための実験装置の写真を Figure 1 に示す. ノズルの噴出口の直径は $D_0 = 8 \text{ mm}$ であり, Figure 1 の装置の下部に直径 100 mm のスピーカーを設置している. Figure 2 の実験装置の構成図に示されるように, スピーカーにファンクションジェネレータで形成した波形を直流アンプの増幅で加えることにより, スピーカーを振動させ, シンセティックジェットを形成する. Figure 1 の写真に示されるノズル下部につけられたホースから, ミー散乱による可視

化のために用いるシード粒子を供給する. 形成されたシンセティックジェットは厚さ約 1 mm のレーザーシートにより, シンセティックジェットの断面を可視化する.

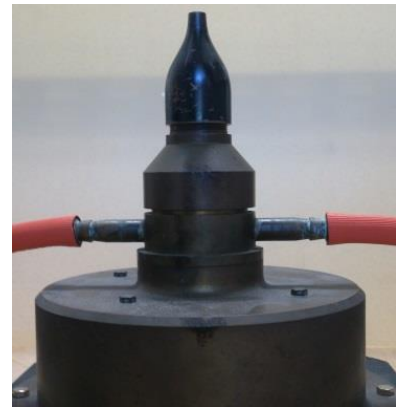


Figure 1. Pulsation jet apparatus

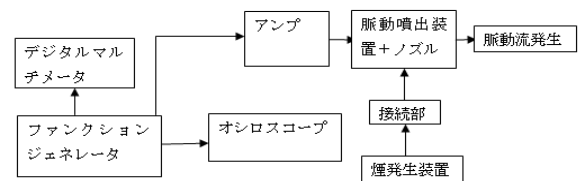


Figure 2. Schematic diagram of the apparatus

3. 実験装置の共鳴周波数

スピーカーに特定の周波数を与えることにより流体を振動させノズル出口から周囲に流れを形成する. そのため, 実験データ採取のための基準となる周波数を決定する必要がある. 過去の脈動の研究において, 装置の共鳴周波数は噴流の拡散, 混合現象が最も促進されることが示されている^[3]. そのため, 実験装置の共鳴周波数を求め, その前後で周波数を変化させて実験

を行うこととした。

容積 V_0 の容器に長さ L 断面積 S のダクトを付けた Figure 3 の容器をヘルムホルツ共鳴器と呼ぶ。

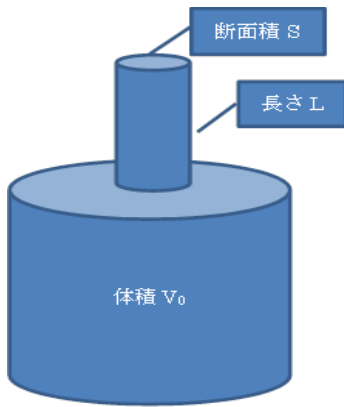


Figure 3. Helmholtz resonator

Figure 1 のシンセティックジェットが発生装置を Figure 3 のヘルムホルツ共鳴器と Figure 4 のように近似して、ヘルムホルツ共鳴周波数を求める。脈動噴出装置のノズル部を断面積 S 、長さ L のダクトと近似し、ノズルの下部の体積を容積 V_0 に近似させることによりその装置の共鳴周波数が算出可能である^[4]。容器の共鳴周波数（ヘルムホルツ共鳴周波数） f は次式で与えられる。

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{(L + 0.65D_0)V}} \quad (1)$$

ここで、

c : 流体の音速

S : ノズル出口断面積

L : ノズルの管長さ

D_0 : ノズルの出口直径

V : シンセティックジェット装置全容積とする。

Table 1. Volume of each part

スピーカールーム[m ³]	1.19×10 ⁻³
混合ルーム[m ³]	7.40×10 ⁻⁵
ノズル[m ³]	5.03×10 ⁻⁷
ノズル下部[m ³]	1.23×10 ⁻⁵
円錐部1[m ³]	6.16×10 ⁻⁶
円錐部2[m ³]	5.03×10 ⁻⁷
全容積[m ³]	1.28×10 ⁻³

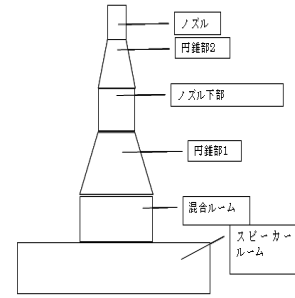


Figure 4. Segmentation of the apparatus

このとき、Figure 4 の各部分の容積を算出すると、Table 1 のようになる。これの合計が式 (1) の V である。これより、実験を進める基準となる共鳴周波数 f は、

- 温度 $T = 300$ K (理想気体)
- 比熱比 $\kappa = 1.4$
- ガス定数 $R = 287.03$ J/(kg · K)
- $D_0 = 8$ mm , $L = 10$ mm

として、共鳴周波数 f を求めると、

$$f = 88.8 \text{ Hz}$$

よって実験は共鳴周波数 88.8 Hz 前後の周波数で行うこととする。

4. 今後の予定

現在、シンセティックジェット形成装置内に可視化のための煙が十分供給されずに、ノズル出口で可視化をするのに十分な煙を噴出することが困難であった。したがって、煙の供給方法について再検討する必要がある。また、今後はシンセティックジェットが発生させノズル出口の可視化、PIV による速度場の算出を行っていきたい。

5. 参考文献

[1] 長谷川, シンセティックジェット

<http://www.mech.akita-u.ac.jp/~hasegaw/research/jet/sj.html>

[2] 西部・藤田・佐藤・横田, シンセティックジェットの基本流動特性に関する研究, 日本機械学会論文集 (B 編) 77 巻 783 号 (2011)

[3] 室・望月, 脈動噴流に関する研究, 卒業論文要旨 (1999)

[4] 石原・吉川, 脈動噴流に関する研究, 卒業論文 (1996)