

定常連続噴流の流動特性に及ぼす脈動吸引の影響

Influence of pulsating suction flows on the flow characteristics of steady continuous jets

森 雅晴¹⁾

指導教員 佐藤 光太郎²⁾, 研究協力者 網師野 七海³⁾, 西部光一⁴⁾

- 1) 工学院大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 2) 工学院大学 工学部 機械システム工学科
3) 東京都市大学大学院 総合理工学研究科 機械専攻 4) 東京都市大学 理工学部 機械工学科

キーワード：シンセティックジェット, 連続噴流, ベクタリング, 吸引

1. はじめに

これまでにシンセティックジェットの関する研究は、基本流動特性から応用まで幅広い調査が盛んに行われてきた。しかしながら、シンセティックジェットは従来の定常連続噴流のように高流量を実現することが難しい。そのためシンセティックジェットの流動特性を活かし、連続噴流と干渉させることで、高流量を保ちながら流れを制御する手法が注目を集めている^[1-3]。

これまでに Smith ら^[1]は連続噴流とシンセティックジェットが干渉した際の相互作用について調査しており、シンセティックジェットを用いて連続噴流の方向制御が可能であることを明らかにした。また、Suzuki ら^[2]はシンセティックジェットと連続噴流を干渉させることで連続噴流の進行方向が無次元ストローク長さに依存することを明らかにした。さらに Mori ら^[3]は連続噴流とシンセティックジェットの運動量比が流れ場に与える影響を調査し、ある特定の運動量比において偏向角度に極値が存在することを示唆した。

しかしながら、これまでの噴流干渉に関する研究は断片的な報告が多く、体系的な調査が不足している。特に、噴流の偏向メカニズムには不明な点が多く残されている。

本研究は流れ場に及ぼすシンセティックジェットの吸引過程の影響を解明するための基礎的研究として位置付けられる。ここでは、噴出過程を有さ

ない脈動流れとの相互干渉を調査し、議論する。

2. 定義

b_c : slot width of the continuous jet [m]

b_s : slot width of the synthetic jet [m]

c : slot distance [m]

C : dimensionless slot distance ($= c/b_s$)

f : frequency [Hz]

f^* : dimensionless frequency ($= fb_s/U_s$)

l_0 : stroke length [m]

L_0 : dimensionless stroke length

$$(l_0/f = U_s/fb_s)$$

Re : Reynolds number ($= U_s b_s/\nu$)

t : time [s]

T : cycle of the synthetic jet [s]

U_A : amplitude of velocity oscillation for synthetic jet

U_c : velocity of the continuous jet [m/s]

U_{sin} : velocity of the synthetic jet [m/s]

U_{suc} : Maximum suction flow rate [m/s]
 ν : kinetic viscosity [m²/s]

3. 実験装置及び実験方法

図1に実験装置概要図を示す。実験ではコンピュータで正弦波を生成し、アンプで増幅した後、スピーカー（MTX AUDIO MTX-7512-22）に入力することでシンセティックジェットを生成した。定常連続噴流はブロワ（SHOWA DENKI U2V-10S）を用いて生成した。また、流れの可視化はレーザー（KATO KOKEN PIV Laser G1000）を光源とし、スモークジェネレータを用いて白煙を生成し、ブロワの入り口から流入させ、カメラ（SONY ZV-1）で撮影した。

シンセティックジェット速度は先行研究に倣って式(1)のように定義する^[3]。

$$U_{sin} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_A^2 \sin^2 \frac{2\pi}{T} t dt} \quad (1)$$

さらに、シンセティックジェットの無次元ストローク長さ L_0 は式(2)で定義される。

$$L_0 = \frac{U_{sin}}{f b_s} \quad (2)$$

なお、シンセティックジェットの流動特性は無次元ストローク長さ L_0 に依存することが知られている。

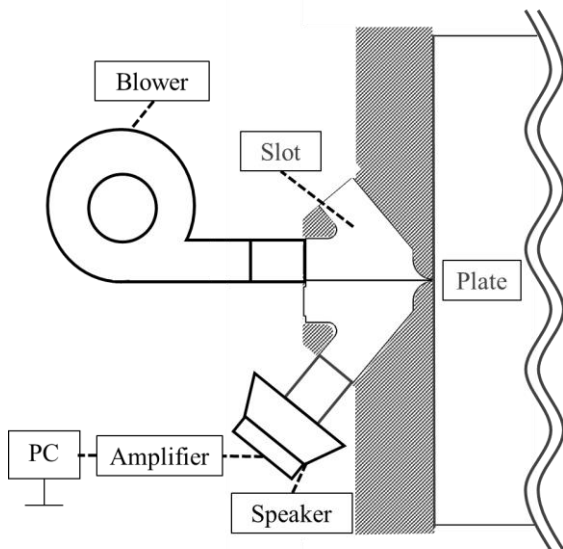
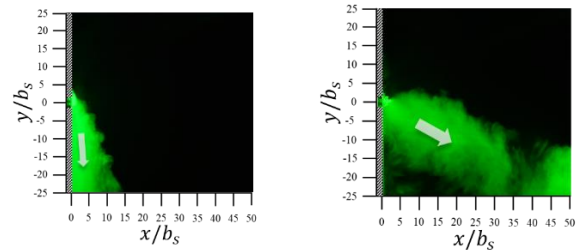


図1 実験装置概要図

4. 実験結果及び考察

図2に $U_{sin} = 5.00\text{m/s}$, $U_{c1} = 7.00\text{m/s}$, $c = 10\text{mm}$, $C = 3.33$, $b_c = 3\text{mm}$, $b_s = 3\text{mm}$, $L_0 = 46.7$, $f = 50\text{Hz}$, $f^* = 0.021$ の条件下で得られた可視化例を示す。吸引の影響を明らかにするため、(a)に $U_{c2} = -4.90\text{m/s}$ (最大吸引流速 $U_{suc} = 9.90\text{m/s}$)、(b)に $U_{c2} = -1.00\text{m/s}$ (最大吸引流速 $U_{suc} = 6.00\text{m/s}$)の条件での実験結果を示す。(a)最大吸引流速が9.90m/sのときは、噴流が壁面に付着する様子が見取れる。一方、(b)最大吸引流速が6.00m/sの場合、噴流が下側に偏向するものの、壁面付着には至っていないことがわかる。このことから、噴出過程を有さない脈動噴流を用いることで、噴流を約90°偏向させ、壁面付着噴流生成が可能であることが示された。さらに、吸引時の最大流速を調整することにより、噴流の方向制御が期待できることがわかった。



(a) $U_{c2} = -4.90\text{m/s}$ (b) $U_{c2} = -1.00\text{m/s}$
 $U_{suc} = 9.90\text{m/s}$ $U_{suc} = 6.00\text{m/s}$

図2 吸引過程が及ぼす流れ場の様子

5. おわりに

本研究では、定常連続噴流の流動特性に及ぼす脈動吸引流れの影響が議論された。噴流の進行方向は近傍の脈動吸引流れの速度変動振幅に大きく依存することがわかった。

6. 参考文献

- [1] B. L. Smith, and A. Glezer, 2002, "Jet vectoring using synthetic jets," J. Fluid Mech., 458, pp. 1–34.
- [2] Y. Suzuki, R. Kobayashi, K. Sato, K. Nishibe, and K. Yokota, 2020 "Interaction Between a Continuous Jet and Synthetic Jet," The 31st International Symposium on Transport Phenomena.
- [3] M. Mori, N. Ajino, K. Nishibe, and K. Sato, 2022 "Influence of the momentum ratio between synthetic jets and continuous jets on flow fields," The 32nd International Symposium on Transport Phenomena.