

励起噴流を利用したターボ機械内部流れの制御に関する基礎的研究

工学院大学 工学部 機械システム工学科 佐藤光太郎

近年、連続噴流の代替として小型アクチュエータで生成可能な励起噴流を用いた流れ場の能動的制御が注目されている。最も代表的な励起噴流としてシンセティックジェットが挙げられ、基本流動特性の解明やその応用に関する研究が盛んに行われている。励起噴流による流れ場の制御はターボ機械に発生する不安定現象の抑制をはじめ、回転部を持たないジェットポンプの開発、空調・冷却および換気システムでの流動制御などへの応用が期待される。本研究は複雑な流れ場を励起噴流により制御することを目的とした基礎的研究である。すなわち、流れを制御するため、従来の連続噴流の代替として励起噴流の適用を試みるものであり、ここでは励起噴流として正味の流量がゼロにもかかわらず渦対の互いの誘起速度により噴流構造を形成するシンセティックジェットに着目し、研究を展開した。シンセティックジェットは本質的に非定常流れであり、流れ場の制御に運動量のほか振動特性（振幅と周波数）を用いることが可能であることから、ここでは主に噴流の進行方向に及ぼす幾何形状および周波数の影響について調べた。本課題では、非対称階段形状スロットにより生成される二次元平面シンセティックジェットの流動特性について実験並びに数値計算の両面から調査され、噴流偏向メカニズムなどの議論がなされた。

図 1 に非対称階段形状スロットの無次元ステップ高さ $H_2 = 10$ の条件下で無次元ストローク $L_0 = 20$ （無次元周波数 $f^* = 5.00 \times 10^{-2}$ ）に対する実験結果および数値計算結果の一例を示す。(a)はスモークワイヤ法による流れの可視化観察例であり、(b)は数値計算で得られた速度ベクトルおよび圧力分布である。両図からスロット出口のキャビティ付近に時計回りの渦領域が形成され、噴流が本図では下向きに偏向する様子が観察できる。スロット出口の局所的非対称性により、渦対の対称性が崩れることで互いの誘起速度に下向きの y 方向成分が生じ、その結果、キャビティ内に再循環領域が形成されるため、噴流の進行方向が偏向すると考えられる。特に非対称階段形状スロットを用いることで、幾何形状を変化させることなく無次元周波数により噴流偏向度を制御可能であることが明らかとなった。本課題で得られた成果は、ターボ機械のケーシング・トリートメントや方向制御を伴う換気・空調、さらにはスラスト・ベクタリングなど幅広い分野での応用が期待される。

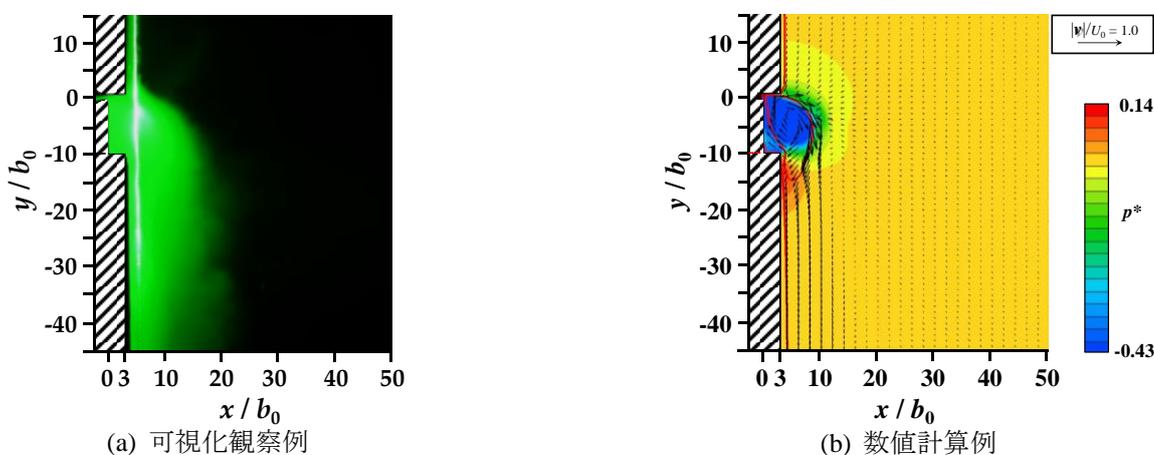


図 1 非対称階段形状スロットで生成されるシンセティックジェットの挙動 ($H_2 = 10$, $L_0 = 20$) ⁽¹⁾

(1) Kobayashi, R., Terakado, H., Sato, K., Taniguchi, J., Nishibe, K., and Yokota, K., Behavior of Plane Synthetic Jets Generated by an Asymmetric Stepped Slot, *International Journal of Fluid Machinery and Systems*, Vol.13, No.1 (2020), pp.253-265.