

博士学位論文審査要旨

主査 佐藤 光太郎

論文提出者	専攻	機械工学	学籍 番号	AD19001	氏名	張 強
論文題目	Jet Flow Control using Coanda Effect on a Circular Cylinder					

〔審査要旨〕

噴流に関する基礎的研究の進展と流体機械の進歩とは密接に関わっており、我々は日常生活の様々な場面で噴流研究の恩恵を受けている。今も広い分野で、様々な目的で噴流研究が展開されている。しかしながら、これまで噴流方向制御に関する研究は十分とは言い難く、ほとんどの流体機械において機械的方法が用いられていることから流れの偏向角度の調整範囲は限定的で、しかも可動部での不具合が懸念されている。

本研究では噴流の方向制御に着目し、可動部すなわち幾何形状変化を用いない方法で、物理パラメータと噴流偏向特性との関係が調査されている。ここでは、大きく分けて2つの噴流方向制御方法が検討された。1つ目（後述の第2章、第3章）は、コアンダ曲面を伴う二次流れにより一次連続噴流の方向制御を試みるものであり、噴流が生成される出口スロットでの進行方向決定に適している。2つ目（後述の第4章）は、循環制御翼（Circulation Control Wing : CCW）の一種である接線方向吹き出し円柱による噴流の方向制御であり、既存の噴流の進行方向を円柱表面で生成されるジェットシートの運動量で調整を試みるものである。

本論文は、6つの章から構成されており、第1章には緒論が記され、幾何形状変化をさせることなく方向制御を試みることの意義、フルイディック・スラスト・ベクタリングや循環制御翼に関する最近の研究動向、未解明な問題と本研究の位置付けなどが紹介されている。

第2章、第3章では、一次連続噴流の進行方向についてコアンダ曲面を伴う二次流れで調整する方法に関して議論された。第2章では、二次流れとしてコアンダ曲面を伴う脈動流れを利用する新しい方法が提案されている。シンセティックジェットは正味の流量がゼロなのに対して、脈動流れでは正味の流量が発生し、二次流れ速度は定常成分と非定常成分に分解される。すなわち、運動量比 ξ と無次元振動数 f^* の他に二次流れである脈動流れに定常速度成分と速度変動振幅との比 ζ という概念が生まれる。本章では主として噴流の偏向特性に及ぼす ξ と ζ の影響について実験的に解明が試みられるとともに、非定常特性など噴流の質についても検討されている。主な結果として、噴流の偏向角は運動量比 ξ 、無次元周波数 f^* だけでなく二次流れの速度定常成分と速度変動振幅との比 ζ にも依存すること、 ζ を導入することで ξ や f^* の調整では得られなかった大きな偏向角が実現可能であること、 ξ 、 f^* 、 ζ の3つのパラメータを組み合わせることで、噴流進行方向だけでなく噴流半値幅や非定常特性も制御できることなどが明らかにされた。

第3章では、二次流れが定常流れとシンセティックジェットの場合に限定して、噴流の流動特性に及ぼす一次連続噴流のスロット幅およびシンセティックジェットの周波数の影響について議論された。主な結果として、噴流の偏向特性は一次噴流とシンセティックジェットの運動量比 ζ 、シンセティックジェットの無次元周波数 f^* だけでなく、コアンダ曲面の半径と一次噴流スロット幅との比 R/h_1 にも大きく依存すること、コアンダ曲面半径と一次噴流スロット幅との比が異なる場合について、等しい無次元周波数 f^* の条件下の流れ場を比較すると、噴流偏向角度は異なるものの、両者の噴流半値幅や非定常特性は概ね類似し、それらは主に無次元周波数 f^* で決定されること、シンセティックジェットの半値幅は無次元周波数が減少するにしたがって増加する傾向にありこれは逆カルマン渦列の渦間隔が大きくなることに起因すると考えられることなどが明らかにされた。

第4章では接線方向吹き出し円柱による噴流方向制御方法が提案され、円柱周りの流動特性が調査された。主な結果として、一次噴流の流れ方向は運動量係数 C_μ に依存し、スロット角度 $\theta_j=90^\circ$ では運動量係数に対する揚力係数、剥離点位置、噴流偏向角の曲線概形は概ね一致していること、噴流偏向特性は C_μ だけでなくスロット角度 θ_j にも依存し、滑らかに角度制御するためは単純円柱の剥離点近傍、すなわち $\theta=90^\circ$ 付近に吹き出し口を設定するのが適切だと思われること、一次噴流の幅 W が異なる場合においても偏向特性は、 C_μ を W の関数とすることで、統一的に取り扱うことができることなどがわかった。

第5章で上記2つの方法の比較検討がなされ、コアンダ曲面を伴う二次流れにより一次連続噴流の方向制御方法では小さな運動量係数で大きな噴流偏向角が実現できるものの不連続的に角度変化が起こるなど運動量係数のみによる制御可能領域が小さいこと、接線方向吹き出し円柱による噴流方向制御方法では噴流偏向は運動量係数とともに滑らかに増加することから扱いやすいものの、噴流偏向角を大きくするためには大きな運動量係数が必要であることなどが示された。

第6章には結論として、上記のまとめが記述されている。

本論文で得られた知見は、空調・温度管理、換気や次世代航空機の姿勢制御などに有用であることから、機械工学、航空宇宙工学の発展に寄与をするものと思われる。

よって 張 強 君への博士学位授与を可と判定する。