

論文審査の結果の要旨

報告番号	博(生)甲第250号	氏名	村上天元
学位審査委員	主査 植木弘信	副査 茂地徹	副査 林秀千人
	副査 坂口大作		
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>村上天元氏は、2006年4月に長崎大学大学院生産科学研究科博士前期課程に入学し、2008年3月に修了した。直ちに同年4月、同博士後期課程に進学し、現在に至っている。同氏は、生産科学研究科に進学以降、物質科学を専攻して所定の単位を修得するとともに、遠心送風機の不安定流動の抑制に関する研究に従事し、その成果を2010年12月に主論文「遠心送風機小弦節比翼列ディフューザにおける二次流れ制御に関する研究」として完成させ、参考論文として、学位論文の印刷公表論文4編(うち審査付き論文4編)、学位の基礎となる論文2編、その他の論文1編を付して、博士(工学)の学位の申請をした。長崎大学大学院生産科学研究科教授会は、2010年12月15日の定例教授会において論文内容等を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施するとともに、最終試験を行い、論文審査および最終試験の結果を2011年2月16日の生産科学研究科教授会に報告した。</p> <p>遠心式の送風機および圧縮機は遠心力を利用して気体の圧力を上昇させ気体を輸送する機械であり、大型機は発電所や各種プラントで使用され、また小型機は航空機用あるいは自動車用ターボチャージャーに使用される等、我々の生活を広く支える機械である。省エネルギーならびに安全・安心の観点から、遠心送風機および圧縮機には圧力比の増加ならびに運転可能流量範囲の拡大が求められている。小弦節比翼列ディフューザ(Low Solidity cascade Diffuser; LSD)は、良好な低流量域特性と高いディフューザ性能を同時に実現できるため、ポンプや過給機用遠心圧縮機などに幅広く採用されている。しかし、低流量域において回転羽根車から流出する流れの絶対流れ角が周方向へ傾くため、LSDへの入射角が過大となり、ディフューザ圧力上昇量が低下する場合がある。また、ディフューザ内に生じる逆流域は制御が容易でなく、LSD翼負圧面側に形成される二次流れの発生メカニズムならびにその制御方法は明らかにされていない。さらに、LSD翼は運動エネルギーが大きい羽根車出口近くに設置することが一般的であり、回転する羽根車に同期してLSD翼列に旋</p>			

回しながら流入する流れはLSD翼面上で圧力変動を誘起し、顕著に騒音が増大する問題がある。

本論文では、LSD内に生じる二次流れを制御することによる低騒音化および高性能化を目的に、二次流れ挙動を定常数値解析によって詳細に調査した。先ず定常計算結果および非定常計算結果の比較を行い、二次流れ挙動を定性的に評価するための妥当な解析方法を検討した。次いで、LSD翼前縁位置を羽根車出口から遠ざけることにより、LSDに基づく騒音を低減できることおよび低流量域で高い翼性能を維持するための二次流れ挙動を明らかにした。さらにディフューザ外径をコンパクトにするために、LSD翼前縁位置を羽根車出口から遠ざけることなく騒音を低減するために前縁近傍に翼端溝を設けて、高翼負荷および低騒音を同時達成するための二次流れ挙動と最適翼端溝寸法を明らかにしている。

本論文で得られた新しい知見は次の通りである。

- (1) LSD翼前縁位置を羽根車半径比  $R=1.10$  から  $1.20$  へ変更することで低流量域におけるジェット・ウェーク干渉が軽減されてLSDに基づく騒音が顕著に低減される。
- (2) LSD内に生じる逆流域は前縁位置に強く依存し、弦節比の影響は殆どない。
- (3) LSD翼前縁位置が半径比  $R=1.20$  の場合は、LSD区間全体で主流がシュラウド側に偏り、低速域がハブ側に形成されるために、翼後縁付近の低エネルギー流体がハブ側の低速域に沿って前縁上流側まで逆流できる。この周方向に循環する二次流れの形成によって翼負圧面での剥離が抑制されて、大きな迎え角においても高い揚力係数が得られる。
- (4) シュラウド側のみに翼端溝を設けることにより、低流量域において翼性能を損なうことなく騒音が約  $2\text{dB}$  低減された。これはLSD翼前縁近傍のよどみ領域が顕著に縮小されることに基づく。
- (5) シュラウド側翼端溝内に安定した強い渦が形成されて負圧面上の低エネルギー流体がシュラウド側に掃き寄せられ、かつその低エネルギー流体を羽根車出口へ向けて運ぶ周方向循環流がシュラウド壁面に形成されることが高い翼性能を得られる要因である。
- (6) 周方向に循環する二次流れが形成されるのは、LSD翼列区間全体で主流が一方のディフューザ壁に偏り、翼後縁付近の低エネルギー流体が他方の壁の低速域に沿って羽根車出口まで逆流できる場合である。
- (7) 推奨される翼端溝の弦方向長さは翼弦長の  $20\%$  程度である。

以上のように本論文は、遠心羽根車から流出する非定常流れの運動エネルギーを圧力に変換する翼列周りの流動様相すなわち二次流れに関して実験的かつ理論的に調査しその詳細を明らかにするとともに制御法の提案を行ったものである。得られた知見はターボ機械の省エネルギー、安全・安心運転、ならびに低騒音化に多大の寄与をするものと評価できる。

学位審査委員会は、流体工学の分野において極めて有益な成果を得るとともに、工学の進歩発展に貢献するところが大きく、博士（工学）の学位に値するものとして合格と判定した。

