

## 審査の結果の要旨

氏名 佐久間 康典

修士（工学）佐久間 康典 提出の論文は、「周方向溝型ケーシングトリートメントが遷音速圧縮機の失速特性と流れ場に及ぼす影響」と題し、5章から構成されている。

ジェットエンジンの高性能化及び環境適合性の向上において、圧縮機の効率改善、段当り圧力比の上昇は、極めて重要な技術項目である。しかしながら圧縮機の翼負荷の増大は同時に旋回失速発生の危険度も高めることとなり、従来の翼形状の空力的最適化や段負荷分布の工夫等に加えて、空力安定性を高める制御手法の導入が期待される。

圧縮機の失速発生を遅らせる受動制御デバイスにケーシングトリートメントがある。これは圧縮機内壁に施した溝により動翼の翼端近傍流れ場を変化させ、旋回失速の発生を遅らせるもので、過去の研究や実機への適用例から、失速マージンの増大効果が圧縮機効率の低下と引き換えに得られることが確認されている。これまで失速マージン改善効果の流体力学的なメカニズムを解明しようと多くの研究がなされ、また、効率の低下なく失速マージンを拡大するための様々な試みがなされてきた。特に近年に至り、翼列形状の最適化のみで失速マージンを確保することが難しくなって以降、優れたケーシングトリートメント開発の重要性は増大している。しかしながら効果的なトリートメントの設計クライテリアについては、特に遷音速圧縮機において未だ知見が乏しい。遷音速圧縮機の翼端近傍流れは、衝撃波、境界層、翼端渦などの流れの諸相が関連した複雑なものであるため、旋回失速に陥る過程について未解明の要素が多く、したがってトリートメントが流れに及ぼす影響も、旋回失速が抑制される流体力学的なメカニズムも未だ明らかになっていない。

このような状況から、本論文では周方向溝型ケーシングトリートメントが遷音速圧縮機の流れ場に及ぼす影響と、旋回失速抑制のメカニズムを明らかにすることを目的として、数値解析による研究を実施している。

第1章は序論であり、ジェットエンジン開発における環境適合性向上と燃料消費率低減の強い要求から、圧縮機に対して安定作動域の大幅な拡大が必要とされる現状をまとめた後、ケーシングトリートメントに関する研究状況と課題を述べ、本研究の目的を設定している。

第2章では数値解析方法を述べている。ケーシングトリートメントを施した

圧縮機の壁面境界を適切に表現するため導入した重合格子法の要点や、圧縮機内流れの特徴を捉えるために独自に導入した指標について説明している。

第3章では対象とする遷音速圧縮機 NASA Rotor 37 について、ケーシングトリートメントを施していない条件における流れ場の特徴と失速発生メカニズムを調べている。失速点近傍の作動点において、Rotor 37 の翼端漏れ渦は衝撃波との干渉により渦崩壊を引き起こすことが示された。渦崩壊によって生じた大きな低速領域が動翼端の正圧面に接近することにより、翼端漏れ流れによる主流のブロック効果が進められることで、失速が発生する様子を明らかにしている。

第4章ではケーシングトリートメントを対象とした数値解析の結果から、トリートメントによる失速特性と流れ場の変化を整理している。周方向溝型ケーシングトリートメントにより翼端間隙が局所的に拡大することが、流れ場の変化の主要因となるが、翼端間隙が拡大するほど安定作動域が拡大するわけではないことから、変化が適切な位置で引き起こされることが失速抑制に重要であると述べている。溝の位置と深さを種々変化させた解析の結果から、最大の失速抑制が得られる場合には、翼端漏れ渦の崩壊による低速領域の形成と、ミッドコード位置近傍から生じる翼端漏れ流れのブロック効果が、溝の存在によって抑制されることが明らかになった。これらの結果をまとめ、今回の解析対象のような翼端流れに起因して旋回失速を起こす形態の遷音速圧縮機においては、漏れ渦の形成、およびブロック領域の形成を抑制する観点から、翼前縁の僅かに下流よりミッドコードまでの範囲にかけて溝を設置することが効果的であると提案している。

第5章は結論であり、本研究で得られた結果を総括している。

以上要するに、本研究ではケーシングトリートメントによる失速抑制効果を様々な溝位置と溝深さについて示した上、失速抑制の物理的機構を明らかにし、適切なケーシングトリートメント設計の指針を提案した。これらの知見は航空宇宙推進学上貢献するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。