

氏 名	ネイ 寧	テツ 鉄
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)	
学 位 記 番 号	博 甲 第 152 号	
学位授与の日付	平成 9 年 3 月 25 日	
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当	
研 究 科・専 攻	工学科学研究科 情報・生産科学専攻	
学 位 論 文 題 目	計算流体力学によるジェット・エンジン内の複雑な流れ場の解明	
審 査 委 員	(主査) 教 授 里 深 信 行	
	教 授 矢 田 順 三	教 授 萩 原 良 道 助教授 徳 永 宏

論 文 内 容 の 要 旨

スーパーコンピュータの出現により科学や工学の各分野においてその研究・開発手法に大きな変革が起こりつつある。流体力学の分野においても流れの基礎方程式を数値的に解く、いわゆる計算流体力学(Computational Fluid Dynamics)が種々の分野に広く応用されつつある。このような背景から本論文では線的方法によりジェット・エンジン内の複雑な流れ現象を数値シミュレーションにより解析することを試みている。

本論文は本研究に関連したこれまでの研究動向および問題点、本研究の動機および研究内容の要旨を述べた序論を含め、6章から構成される。

第2章の基礎方程式と数値計算法では、流体の運動を記述する基礎方程式として、本論文で利用した圧縮流の基礎方程式(オイラー方程式およびナビエ・ストークス方程式)、基礎方程式の保存形、基礎方程式の無次元化を述べ、一般曲線座標に変換する方法を系統的に示している。次に本論文で用いた数値計算法の要点である空間微分の離散化、陽的時間積分法(有理ルンゲ・クッタ法; RRK法)、人工粘性および収束加速法について簡単に示し、さらに代数および1方程式乱流モデルについて述べている。

第3章の陰・陽的残差平均法においては計算効率向上のため、定常解への収束加速法の改良を試みている。本章ではオイラー方程式とナビエ・ストークス方程式を別々に用いて、一次元陰的残差平均法、二次元陰的残差平均法、一次元陰陽的残差平均法および二次元陰陽的残差平均法の4つの方法の収束速度を比較している。

第4章においては民間航空機の排気システムを改良するための方法として提案されている二次元ノズル・イジェクター内部流れ場および外部流れ場の数値シミュレーションを行い、数値計算結果を実験結果と比較することにより、物理現象の解明を試みている。その結果、一次流ノズルと二次流入口の最適面積比; 一次流ノズルと二次流入口の圧力比およびレイノルズ数の影響等の設計の指針となる知見を得ている。また、Baldwin-Lomax 代数モデルと Spalart-Almaras の1方程式モデルの両方で計算を行い、乱流モデルによる相違を比較している。

第5章においては、前章の方法を三次元に拡張し、ミキサー・イジェクターの数値シミュレーションを行っている。ミキサー・イジェクターは前章のノズル・イジェクターと比べて、一次ノズルの形状が異なり、ここが波形の一次ノズルに置き換わる。本論文ではミキサー・イジェクターの内部流れ場の半波形領域だけを計算領域としている。計算結果と実験結果とを比較し、計算誤差の原因について考察を行っている。なお、乱流モデルは Baldwin-Lomax 代数モデルを用いている。

圧縮機、タービンおよび送風機内の翼列について、大面積のはく離現象およびサージ現象は従来ターボ

機械の研究者たちの重要な課題である。また、民間航空機のコア・エンジン用の圧縮機の製作にあたっては大抽気量による影響を考慮に入れた設計が必要である。したがって、圧縮機の抽気形翼列の研究は実用上重要である。抽気形翼列というのは翼列の外壁側から部分的に気体を抽出しており、翼列と抽気孔および抽気孔をつなぐ部分（以下ポートと呼ぶ）を組み合わせた装置である。第6章では研究課題の初期段階として、低レイノルズ数の場合の抽気形翼列の数値シミュレーションを行っている。計算領域の幾何形状が複雑なため、複合計算格子を使って計算した結果と実験結果との比較は定性的に一致しており、抽気形翼列の性能予測への応用の可能性が期待できる。

最後に第7章の結論では、以上の研究結果をまとめて結論が述べられている。

論文審査の結果の要旨

寧鉄君の申請による博士論文の審査委員会においては、提出された資料、論文に基づき、論文内容の信頼性、独創性、新規性および工学への寄与の期待度、さらに完成度などについて慎重に審査を行った。

本論文は、論文内容の要旨に述べられているように、現在、民間航空機の推進システムの分野で最も重要で、緊急を要する研究課題である、ジェット・エンジンの排気システムの騒音の低減とコアエンジン用の圧縮機の大抽気量状態における翼列性能の推算に対して計算流体力学アプローチを試みたものである。このような流れはいずれも定常流とみなせるが、本質的に三次元流であり、計算の対象とする領域は幾何学的に複雑な形状をしている。したがって格子生成には多大の時間と経験を要し、必然的にマルチブロックあるいは重畳格子を用いた大規模計算となる。また、流れ場の構造自身が複雑で解明が困難な問題である。

申請者はまず、大規模定常流計算における計算時間の短縮をはかるため、収束加速法として従来用いられてきた陰的残差平均法の改良を試みた。陰的残差平均と陽的残差平均を組み合わせた結果、特にオイラー方程式においては顕著な収束加速効果が得られることを示した。次にジェット・エンジンの排気システムの性質向上の有効な一方法として提案されているノズル・イジェクターおよびミキサー・イジェクターの流れ場の数値シミュレーションを行い、一次流ノズルと二次流入口の最適面積比、圧力比およびレイノルズ数の影響等イジェクター設計の指針となる知見を得ている。さらに、民間航空機の推進システムのコアエンジンの圧縮機において重要となる大抽気量状態における圧縮機翼列の数値シミュレーションを行い、実験と比較することにより計算流体力学により翼列性能の予測が可能であることを示した。これらの成果は実用的問題への応用に際して高い汎用性が期待できる。

また、内容の一部は日本機械学会論文集に2編の刊行が決定しており、その学術的な価値と信頼性が客観的に認められているとともに、今後の工学上に大きな寄与が期待できる。以上により結論として申請者の論文は学位授与に値すると判定した。