

Title	乱流解析技術の工学的応用と翼後流制御技術に関する研究
Author(s)	黒河, 通広
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42379
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	黒河通広
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 16209 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械物理工学専攻
学位論文名	乱流解析技術の工学的応用と翼後流制御技術に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 三宅 裕 (副査) 教授 辻本 良信 教授 稲葉 武彦 助教授 梶島 岳夫

論文内容の要旨

乱流の数値シミュレーションの発達はめざましく、機器の設計のための流れ解析にも波及しつつある。設計現場では乱流の数値計算による最適設計法の確立が強く望まれているが、実用化にはさらなる数値計算の効率化、乱流モデルの汎用化とともに信頼性の向上が不可欠である。また、乱流の数値シミュレーションは流れに起因する騒音解析にも応用範囲を広げつつある。しかし、流れ場と音場の時空間スケールの違いから、数値解析だけに基づいた設計は現状では困難であり、流体騒音の研究は実験が主体となっている。近年では大規模な数値シミュレーションを用いた騒音予測法が注目されているが、実用化には至っていない。本論文では、乱流と音場の解析の代表的な応用例である送風機の静音設計を目的として、数値シミュレーションの高速化と実用化の検討を行うとともに、翼のまわりの非定常乱流解析を行い、離散周波数騒音低減のための後流制御法の詳細な検討を行っている。

第1章では、研究の背景と従来の研究を示し、乱流の数値シミュレーションを設計に応用する上での問題点を明確化し、研究の目的と意義を述べている。

第2章では、代表的な数値解析スキームについて比較検討を行い、定常解析の問題に対する擬似圧縮性法の高い計算効率を示している。また、2次元ディフューザ内の数値計算を行い、計算結果が実験データをよく再現することを実証している。以上の検証結果に基づき、クリーナファンの性能予測方法の提案を行い、予測精度の向上のための有用性を示している。一方、実験的に非定常な剥離が観測される開き角度の領域で、レイノルズ平均解析では定常な剥離として計算されることを示し、定常解析の適用限界を指摘している。

第3章では、渦放出を伴う離散周波数騒音の予測を目的とし、1方程式SGS乱流モデルを用いたLESの解析スキームの基本的検討を行っている。翼まわりの流れ解析を行い、実験データと比較し、その有効性を確かめている。また、NACA翼および平板翼の解析を行い、離散周波数騒音の発生源である圧力変動を引き起こす剥離渦の機構を明らかにしている。

第4章では、翼の後流制御法として後縁部のセレーション(切り欠き加工)に注目し、平板翼とNACA翼に対してLESによる非定常解析を行っている。セレーション加工の影響は平均流れによる翼特性に対して軽微であるが、瞬時流れには平均流れの数倍の強度をもつ明確な縦渦構造が認められることを示している。さらに、この渦運動が離散周波数騒音を引き起こす翼後流の変動を著しく抑制していることを示し、セレーションによる静音化の物理的メカニズムを明らかにしている。

第5章では、本論文で得られた成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

乱流の数値シミュレーション技術は乱流の基礎的研究の進展に大きく寄与している。一方、産業界においては工業製品内部の複雑な乱流現象解明を通して機器の高性能化と設計プロセスの効率化の重要な手段として注目されている。工業的な応用に対しては設計対象とする機器内部の流れ現象が複雑であるとともに機器自身の形状も複雑であり、数値シミュレーション技術には高速性、汎用性、安定性が必要とされている。また、数値シミュレーション技術は、従来は実験の手法が中心であった乱流騒音の研究分野への応用も強く望まれている。

本研究は、以上のような背景から乱流の数値シミュレーションの高速化と工業製品の設計への適用の検討を行い、その有用性を提示している。また、乱流の数値シミュレーションの新しい展開としての騒音問題に対して、渦放出を伴う離散周波数騒音を低減するための翼後縁部形状効果を解明するため、後流の3次元流れを詳細な解析を行っている。本研究の成果は以下のように要約される。

- (1)工業的応用の観点から定常問題に対する数値シミュレーションスキームの検討を行い、計算効率および精度に関して各スキームの問題点を指摘している。また、2次元ディフューザ内の数値計算を通じて、レイノルズ平均モデルによって非定常剥離現象が定常剥離流れと表現されるが、圧力回復の平均値の評価には影響がないことを明らかにしている。さらに、工業製品の応用例として、クリーナファンの定常性能予測方法の提案を行い、その有効性を示している。
- (2)翼まわりの非定常3次元流れの数値シミュレーションを行い、既存の翼の風洞計測結果と良好な一致を得て、シミュレーション結果の有効性を説明している。さらに、翼まわりの流れと騒音に関して、渦放出を伴う離散周波数騒音を対象として、一様流中の薄翼から発生する離散周波数騒音の発生源である圧力変動を精密に予測することに成功し、翼後縁部における圧力変動の発生機構を解明している。
- (3)離散周波数騒音の低減法である翼後縁セレーションについて、後流内の非定常渦構造を数値シミュレーションによって解析し、セレーション部から発生する縦渦構造が翼面圧力変動を引き起こす渦を低減していることを見だし、セレーションによる後流安定化の機構を解明している。また、乱流統計量への影響および縦渦の発達メカニズムを明らかにし、翼形状変化による離散周波数騒音の制御の可能性を示している。

以上のように、本論文は、乱流の数値シミュレーションの工学的な実用化に関する問題点と解決策を提示しており、工業製品の高性能化と設計プロセスの効率化に寄与するところが大きい。また、3次元の大規模な数値シミュレーションを用いた騒音低減現象の解明においては、非定常の数値シミュレーションの有用性を示しており、騒音予測や新しい低減法の開発に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。