

Title	自動車に関わる移動境界・複雑形状流れ問題の数値解析に関する研究
Author(s)	佐藤, 範和
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59944
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

論文内容の要旨

自動車分野において熱と流体に関わる現象（熱流体現象）は多岐にわたって存在し、その現象解明とそのための数値計算（熱流体計算）技術の構築は、設計開発および基礎研究において極めて重要である。近年、自動車の高速化と軽量化が進むなか、車体周りの流れ場が車両運動に与える影響が増大し、それらの関係解明は安全性・快適性の向上において重要な研究課題である。一方、環境対応車の普及など、自動車技術は現在大きな転換期を迎えている。既存技術の性能向上に加え、革新的技術の創出を行ううえで、複雑形状を詳細に再現した熱流体計算の必要性が高まっている。以上の背景から本論文では、(1)運動する車体周りに生じる空気力の変動特性の把握と支配的な流体現象の解明、(2)複雑形状への適用性に優れ、高い予測精度を有する熱流体計算法の構築について検討した。まず(1)に関して、本論文では、これまで扱われることが少なかった、地面に垂直な方向の車両運動を対象とし、移動境界計算法の一つであるALE (Arbitrary Lagrangian-Eulerian) 法を用いて、上下・ピッチ運動する車両模型周りの流れ場のLES (Large Eddy Simulation) を実施した。一方、(2)に関して、複雑形状の流れ場における格子生成を容易にする計算法として期待される直交格子法について、物体境界近傍の計算精度を向上するための離散化手法を新たに提案した。本論文は以下の6章から構成される。

第1章では、研究背景と研究目的を述べた。

第2章では、質量、運動量、運動エネルギーの保存性を向上したALE法の離散化手法について述べ、振動円柱周りの流れ場を対象に精度検証を実施した。

第3章では、第2章で示したALE法を用いて、上下・ピッチ運動する車両模型周りの流れ場のLESを実施し、各運動で生じる支配的な流体作用を抽出するとともに、空気力の変動特性との関係を明らかにした。

第4章では、流体計算における直交格子法の高精度化を目的に、物体境界近傍の離散化手法を新たに提案し、層流域と乱流域での精度検証により有効性を示した。

第5章では、第4章で示した直交格子法を温度場計算に拡張し、複数の温度境界条件に対する離散化手法を提案するとともに、精度検証により有効性を示した。

第6章では、本論文で得られた知見を総括した。

本論文は、自動車に関わる熱流体計算において、保存則に対する整合性と境界近傍の計算精度を向上させた方法を提案し、空力問題への適用例および基本問題での計算精度の検証例を示したものである。その成果は、自動車分野における熱流体現象の諸問題に対する数値計算技術の新たな応用を開拓する工学的意義を有する。

論文審査の結果の要旨

近年の自動車技術において、熱と流体に関わる現象（熱流体現象）に関する数値計算技術の高度化は、高速化・軽量化と安全性・快適性を両立させるとともに、環境対応車に関する革新的技術を開発するための基盤として、設計開発および基礎研究において極めて重要である。

本論文は、以上の背景から、(1)運動する車体周りに生じる空気力の変動特性の把握と支配的な流体現象の解明、(2)複雑形状への適用性に優れ、高い予測精度を有する熱流体計算法の構築に取り組んだ結果をまとめたものである。本論文の成果は次のように要約できる。

1. 移動境界計算法の一つである ALE (Arbitrary Lagrangian-Eulerian) 法について、質量、運動量、運動エネルギーの保存性を向上した離散化手法を提案し、振動円柱周りの流れ場に適用してロックインの振動数域と渦放出の形態が実験結果に良好に一致することを確認することにより、精度の検証を実施している。
2. LES (Large Eddy Simulation) モデルを上記の計算方法に組み込むことにより、上下運動ならびにピッチ運動する車両模型の周りの乱流場をシミュレートし、変位に対する流体力のリサーチ曲線の解析から、物体の高さまたは角度の変位およびそれらの速度と角速度に起因する変動成分に分離評価する方法を提案し、空気力の非定常特性に及ぼす渦運動の影響を明らかにしている。
3. 複雑な形状の流れ場に適用するための直交格子法の高精度化を目的として、物体境界近傍の離散化手法を新たに

【117】

氏名	佐藤 範和
博士の専攻分野の名称	博士 (工学)
学位記番号	第 26183 号
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	自動車に関わる移動境界・複雑形状流れ問題の数値解析に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 梶島 岳夫 (副査) 教授 田中 敏嗣 教授 芝原 正彦 准教授 竹内 伸太郎

提案し、傾斜壁や曲面壁を有する基礎的な流れ場に適用して従来の埋め込み境界法に対する優位性を実証し、層流域と乱流域での精度検証によりその有効性を示している。

4. 上述の直交格子法を温度場計算に拡張し、ディリクレ型ならびにノイマン型の双方の温度境界条件に対する離散化手法を提案するとともに、強制対流伝熱問題に対する厳密解との比較による精度検証によりその信頼性を示している。

以上のように、本論文は、熱流体現象の数値シミュレーションにおける最も重要な要請である保存性を維持しつつ、複雑な境界形状を有する熱流動場の解析に適した直交格子法においても精度を向上させる計算手法を提示し、自動車関連技術のみならず広範な工学的応用に対する熱流体解析技術の進展に寄与するものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。