

氏 名	前 川 博 まえ かわ ひろし
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第1278号
学位授与の日付	昭 和 55 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	A Fundamental Study on Higher-Order Closure Models for Turbulent Heat Transport (乱流熱伝達の高次閉鎖模型に関する基礎的研究)

論文調査委員 (主 査) 教 授 佐 藤 俊 教 授 赤 松 映 明 教 授 国 友 孟

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は乱れによる熱移動を伴う流れの乱れ構造や熱輸送などを理論的に解析するための多方程式モデルの合理的な閉じ方について理論的並びに実験的検討の結果をまとめたもので、9章からなっている。

第1章の緒論では、本研究に関連のある従来の諸研究結果を検討し、乱流熱流束輸送方程式において重要な役割をもっている圧力温度勾配相関の決定に役立つ資料の不足をのべ、本研究の重要性と、その目的とするところが、特に乱流熱流束と温度分散量の輸送方程式の組を閉じる方策の基礎的事項の考察とこのような閉鎖模型の確立である所以を明らかにしている。

第2章では本研究の実験に用いられた乱れ諸量や各種の相関の測定装置並びに方法を述べている。特に速度変動の各方向成分と温度変動とを同時に測定するため、3台の熱線風速計と計数型電子計算機とを用いる方法を開発し、その有効性を確かめている。

実験的研究としては、非等温等方性乱流、平均ひずみ速度を伴わない非等温異方性乱流および一様なひずみ速度を有する非等温せん断乱流の3種の基本的非等温乱流場を対象に詳細な測定が行なわれているが、第3章では第1番目の一様な平均温度勾配を有する減衰初期の非等温等方乱流に関する実験結果が述べられている。このような等方速度変動と組合わされた乱流熱流束に関する実験は圧力温度勾配相関や温度分散量の散逸相関の基本的性質、特に前者のうち乱れ間の相互干渉に起因する因子のあり方を検証するために実施されたもので、乱流応力の減衰および乱流熱流束と温度分散量の増大の様子を数種の乱れレイノルズ数に対して測定した結果が示されている。

第4章は圧力温度勾配相関の基本的考察並びにこの相関のうち乱れ間の相互干渉に起因する項および温度分散量の散逸率に対するモデル化の検討を行なったもので、前者の基本的表現が圧力ひずみ速度相関に関する Rotta の推測を拡張してえられる背景や、温度分散量散逸率に対する代数型模型が前章の実験結果との対比で検証されている。

第5章は一様な平均温度勾配を持ち、かつ横の平面ひずみもしくは長手の伸長を急激に加えた後にえら

れる平均ひずみ速度を伴わない非等温異方性乱流についての、第2段階の実験の結果を述べたものである。実験は乱流熱流束の向きが、最大、中庸および最小主応力に平行になるよう設定された3種の場合につき実施され、乱流応力、乱流熱流束、温度分散量および一点3重相関等の分布の流動方向の変化を主として、他に時間に関するオイラー相関および一次元パワー・スペクトラムなどの乱れ諸特性の測定結果が示されている。第6章は前章の実験結果に基づいて、第4章で検討した模型の異方性場への拡張を試みたものである。異方性乱流場に対しても、異方性の影響を考慮して前記模型の修正を行えば本質的にはその模型が有効であることを明らかにし、従来の他の諸模型との定量的対比を行なっている。

第7章は第3段階の実験として行なった、一様な平均ひずみ速度と平均温度勾配を有する非等温せん断乱流に対する実験結果を述べたもので、この流れ場は異なった抵抗と異なった加熱率を持つ多層平行平板流路を用いて巧みに実現されている。実験は2つの平均ひずみ速度の値に対して実施され、第5章と同様の諸種の乱れ特性量についての測定結果が示されている。

第8章では、前章でえられた結果を参照しつつ、圧力温度勾配相関のうち、平均ひずみ速度と乱れの干渉に起因する項が満すべき条件を理論的に考察し、これら条件を満しつつ、本研究の全ての実験結果に矛盾しないように圧力温度勾配相関と温度分散量散逸率のモデル化を行ない、これらに従来の知見を加えて乱流熱流束と温度分散量の輸送方程式を含む多方程式閉鎖模型を確立すると共に、本模型による数値計算結果と実験結果との比較を行ない、その有効性を確認している。

第9章はこの種の研究の将来への提言を含んで、以上の結果をまとめて結論としたものである。

論文審査の結果の要旨

乱れた流れ場の乱流構造や乱流応力、乱流熱流束などの乱れ諸相関量を理論的に解析、予測するために、いくつかの乱れ閉鎖模型の提案があるが、乱流熱流束や温度分散量に関する輸送方程式の合理的なモデル化には、その根拠となる資料に乏しく、一般性のある模型の確立が要望されている。

本論文は乱流熱流束の輸送方程式において重要な役割をもつ、圧力温度勾配相関や温度分散量の散逸相関の決定に役立つ基礎的資料を提供すると共に、これらの合理的なモデル化により、より一般性のある多方程式閉鎖模型の確立をめざして行なわれた理論的並びに実験的研究の結果をまとめたもので、その主要な成果を要約するとつぎの通りである。

1. 一様な平均温度勾配をもつ乱流格子後流の減衰初期の等方乱流に対する実験により、乱流熱流束の横方向成分と温度分散量の流れ方向変化は、それぞれ負および正の指数をもつ距離に関するべき乗則に従い、横方向速度変動と温度変動の相関係数は乱流格子からの距離に無関係で、かつ乱れレイノルズ数にも殆んど影響をうけないことなどを明らかにした。

2. 平均ひずみ速度を伴わない異方性非等温乱流に対する実験によって、圧力温度勾配相関のうち乱れ間の相互干渉に起因する項の異方性による変化を明らかにし、異方性の影響を加味したこの項の代数型模型を導き、理論的にもその合理性を裏付けた。

3. 平均ひずみ速度を伴う異方性非等温せん断乱流に対する実験結果を参照しつつ、圧力温度勾配相関のうち乱れとひずみ速度との相互干渉に起因する項の合理的なモデル化を考察し、本研究のすべての実

験結果に矛盾しないよう模型定数を決定した。

4. 比較的単純ないくつかの非等温乱流場における精密かつ組織だった実験により、直接測定の困難な圧力温度勾配相関の各因子や温度分散量の散逸率などの決定や検証に有用な、各種の乱れ特性量に関する多くの信頼性のある基礎資料を提供した。

5. 上記の結果と従来知見とを総合して、乱流熱流束および温度分散量の輸送方程式を含む高次閉鎖模型を確立し、この模型による数値計算の結果と実験結果とを比較して、その有効性を確かめた。

以上要するに本論文はいくつかの基本的形態の非等温乱流場における実験と理論的考察により、乱流熱伝達を解析するに有用な高次閉鎖模型を確立すると共に、乱流応力、乱流熱流束および温度分散量に関する多くの貴重な資料を提供したものであって、学術上はもとより工業上も寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。