

氏 名	千 田 衛 せん た まもる
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1338 号
学位授与の日付	昭 和 56 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
学位論文題目	A Study on Turbulence Structure Relating to Heat Transfer in a Turbulent Boundary Layer with Injection (吹き出しを伴う乱流境界層熱伝達に関する乱流構造の研究)
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

この論文はしみ出し冷却や表面燃焼の流れ場の基本となる、壁面から一様な流体の吹き出しを伴う平板乱流境界層の熱伝達機構を明らかにするため、乱流構造や輸送機構の詳細とこれらに及ぼす吹き出しの影響について実施した組織的な研究の結果をまとめたもので、7章からなっている。

第1章の緒論では、本研究に関連する従来の諸研究の結果を概観し、乱流構造の詳細についての資料の不足など問題点を指摘して、本研究の目的、意義ならびに研究内容の概要をのべている。

第2章は本研究において用いられた実験装置と測定方法について記したもので、乱れ諸量やその相関ならびに熱流束などの測定方法を示していて、特に壁に直角方向（横方向）および流れ方向（縦方向）の乱流熱流束すなわち温度変動とそれらの方向の乱れの相関は抵抗線と熱線とによる同時測定によって求められているが、その測定結果の処理方法の詳細についての検討が加えられている。

第3章は吹き出しと燃焼を伴う乱流境界層における平均場の特性について考察を行ったもので、実験的に速度、温度および濃度の時間的平均量の分布とそれらの吹き出し量による変化の特徴を明らかにすると共に、燃焼場の扱いとして火炎面モデルを用い、Economos の圧縮性変換理論を対象とする場へ拡張して解析し、解析結果と実験結果の比較検討を行なっている。解析結果が必ずしも実験結果とよく一致しない点が存在するが、その一因が乱流構造の詳細についての不明確さにあるとし、以下の研究の重要性を明らかにしている。

第4章では、加熱流体を吹き出した非等温乱流境界層について、乱流構造とその吹き出しによる影響を詳細に測定した結果を示している。すなわち縦方向と横方向の乱れ強さ、レイノルズ応力、乱れエネルギー・スペクトルおよび乱れのスケールなどの乱流構造を明確にする乱れ諸要素の分布および熱輸送に直接関係する乱流熱流束の分布を吹き出し比を変化せしめて計測した結果を示し、これらが吹き出しによって如何に変化するかを検討したもので、壁近傍を除き乱れ強さが吹き出しにより増大することや、流れ方向の速度変動と温度変動の積分長さスケールが吹き出しの増大と共に減少することなど、吹き出しによる乱流構造の変化の詳細を明確にしている。

しかし乱れはもともと三次元的であると共に、多くの波数の渦から構成されているので、一つの代表的スケールだけでその詳細を記述することはできない。そこで第5章では、いくつかの長さスケールのより組織的な測定の結果をのべている。すなわち、運動量や熱量の輸送に直接たずさわる大きな渦に関連した縦方向と横方向の積分長さスケールや、乱れエネルギーの消散率に関連する微分スケールの測定結果が示され、検討が加えられていて、これらの各種スケールの分布から壁近傍において、吹き出しの増大により、乱流構造がより等方的になる傾向にあることなどをのべている。

第6章は乱れの発生機構や熱伝達との関連において重要な、壁近傍における乱れの組織的な構造であるバースティング現象に及ぼす吹き出しの影響を調べたものである。まず、粘性底層近くで速度変動の自己相関および温度変動の自己相関の時間遅れのピーク値からバースト周期が求められ、この両者による測定結果に差のないことを明らかにし、ついで、これら測定結果を境界層内層パラメータと外層パラメータとを用いて整理し、検討している。

さらに、これらの測定結果をもとに、壁面更新モデルの吹き出しのある場への拡張を試み、壁面摩擦係数および熱伝達率の解析を行い、実験結果との比較により、本解析方法が実用上有効であることを示している。

第7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

吹き出しを伴う乱流境界層の伝熱機構の解明は、ガスタービン翼など高温壁面のしみ出し冷却や表面燃焼を伴う流れ場において重要である。しかし、このような乱流境界層における乱れ構造の詳細には不明な点が多く、吹き出しによる乱れ諸要素の変化も明確な結果が示されていない。

本論文は、吹き出しを伴う乱流境界層における伝熱現象についての基礎的知見をうることを目的として、この種流れ場の基本である、多孔質壁面から一様な吹き出しのある発達した平板乱流境界層について、乱流構造や乱流熱輸送のあり方を知るに必要な乱れ諸量の詳細と、それらの吹き出し量による変化の様相と熱伝達との関連を明らかにするために実施した組織的な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. 吹き出しと燃焼を伴う乱流境界層における平均場の特性を解析するため、圧縮性変換理論の拡張を試み、実験結果との対比から、火炎面モデルの改良と共に、流れ場の乱れ構造の変化の詳細を知ることが重要であることを明らかにした。

2. 一様な吹き出しを伴う非等温乱流境界層について、流れ方向（縦方向）および壁面に直角方向（横方向）の乱れ強さ、レイノルズ応力、エネルギー・スペクトルなどの乱れの統計的諸量および乱流熱流束の分布と、その吹き出し量による変化の詳細を示し、縦方向の乱流熱流束と横方向のそれとの比は壁近傍を除き殆んど変化しないが、壁近傍では吹き出しの増大と共に減少することなどを明確にした。

3. いくつかの乱れ長さスケールの測定を行い、運動量や熱輸送に関連の深い積分スケールについては、境界層内層において、吹き出しの増大と共に縦方向積分スケールは減少、横方向のそれは増大し、等方性乱流に近づく傾向のあること、乱れの消散率に関連する微分スケールについては、縦方向のそれと積分ス

ケールの比が吹き出しの増大と共に大となることなどを明らかにした。

4. 熱伝達や乱れの発生機構と深いかかわりをもつバースト現象に着目し、その周期を測定して、外層の時間スケールで整理した周期が吹き出し量やレイノルズ数の変化によらず一定であることを見出し、この事実をもとに内層の時間スケールで整理した周期の吹き出しによる減少の度合やレイノルズ数に対する依存性が定量的にも良く説明しうることを示した。

5. 上記の測定結果をもとに、この種の流れ場に対して、壁面更新モデルの拡張を行い、解析結果が熱伝達の測定結果とよく合致し、実用上有効な解析方法であることを明らかにした。

以上要するに本論文は、吹き出しを伴う乱流境界層の乱流構造に関する多くの貴重な資料を提供すると共に、その吹き出しによる変化と熱伝達との関連を明らかにしたもので、学術上、實際上寄与する所が少なくない。

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。