

氏 名	いな おか きょう じ 稲 岡 恭 二
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3203 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	渦による乱流の制御と伝熱促進に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 鈴木健二郎	教 授 赤松映明	教 授 荻野文丸
--------	--------------------	----------	----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、各種熱交換器における熱移動やガスタービン翼の内部冷却等の、実際機器における熱伝達問題で重要な乱流熱伝達促進技術の確立に資するために行った、渦の発生・制御と熱伝達の関係に関する一連の実験的研究の成果を取り纏めたものであって8章からなっている。

第1章は序論であって、この分野における研究の現状を概括して、本研究の意義と目的を明らかにしている。

第2章では、本研究で対象とした流れ系の幾何学的特徴と流動条件や、平板面熱伝達率を測定した伝熱実験、ならびに流体の温度計測、さらに多孔ピトー管や熱線風速計を用いて行った変動速度を含む流動計測における実験装置と測定手法の特性について、それらと関連する予備検討の結果とともに述べている。

第3章では、平板乱流境界層中に大規模渦の破壊を目的とする Large Eddy Break-Up (LEBU) 板を挿入する場合を対象として、平板面摩擦係数と平板面熱伝達率の測定結果を示して非相似性発現の有無について検討し、それと境界層内で測定した平均速度と平均温度の分布ならびに2方向の変動速度成分から得られる乱れ強度とレイノルズ応力の分布との対応性を議論し、また収録した2方向の変動速度信号に象限分析法を応用した結果を提示して、LEBU板の挿入によって乱れの組織構造を構成する4種類の流体要素運動のあり方が如何なる影響を受けるかを解析し、またそのことによって運動量輸送にいかなる変化が生じるかについて検討を行っている。

第4章では、まずその前半部において断面積が同一で偏平度が異なる5種類の偏平柱と厚さが同一で長さが異なる4種類の偏平柱を挿入してかく乱を与える平板乱流境界層に着目し、それぞれの場合の平板面上の摩擦係数と熱伝達率の測定値を提示して、偏平柱偏平度と発現する非相似性の程度の関係について考察を行い、さらに測定した2方向変動速度成分から得られる乱れ強度とレイノルズ応力の分布との対応性や、変動速度信号に應用した象限分析の結果から確認される乱れの組織構造の変化を指摘し、それと非相似性の発現程度との関連性について検討を行っている。後半部では、背面に長さの異なるスプリッタープレートを付設した5種類の角柱を平板乱流境界層に挿入する場合について摩擦係数、熱伝達率、2方向変動

速度の測定を行い、速度信号のスペクトル解析の結果に基づいてスプリッタープレート長さや角柱から発生するカルマン渦の抑制程度との関連、ならびにそれと非相似性の発現程度との対応関係を考察し、さらに速度信号にウェーブレット変換を施すことによってカルマン渦と関連する周期的速度変動と乱れ組織運動の間欠的同期現象が運動量輸送といかなる関係にあるかを検討している。

第5章では、乱流境界層中にLEBU板と三角翼形状渦発生体の両者を組合わせて挿入して熱伝達実験を行い、このことによってLEBU板のみを挿入する場合に生じる熱伝達の低下分を引き上げることが可能か否か、いかなる形式の組合わせが最良の結果をもたらすか、またその場合にどの程度の引き上げが可能であるか、さらに渦発生体の寸法と設置迎え角の大きさの変更によって、いかなる影響がもたらされるか等について検討を行っている。

第6章では、前章で伝熱促進の観点から最良と判断された形式のLEBU板と三角翼形状渦発生体の組合わせ物体を乱流境界層中に挿入する場合について、平均温度とともに5孔ピトー管による3方向平均速度成分ならびにV形熱線による3方向変動速度の測定を行ってそれらの相互の関連を検討し、縦渦の発生に伴って生じる断面内の二次流による平均速度場と平均温度場の歪の程度を議論し、達成される伝熱促進と二次流吹き下ろし領域における低温流体の加熱平板面への接近や壁近傍乱れの挙動との関連を明らかにしている。

第7章では、先の2章で検討したLEBU板と三角翼形状渦発生体の組合わせ物体を矩形ダクト内に挿入する場合に対して、壁面熱伝達率の空間分布と壁面上で測定された静圧の流れ方向分布を提示して、その特性を乱流境界層におけるそれと比較吟味するとともに、組合わせ物体の最適幾何形状について検討している。

第8章は結論であって、各章で得られた結果を総括するとともに、今後の研究に対する課題を展望している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、各種熱交換器内の熱移動やガスタービン翼の内部冷却等の実機機器の熱伝達で重要な乱流伝熱促進技術に資する目的から行った、渦の発生・制御と熱伝達の関係に対する実験的研究の成果を取り纏めたものであって、得られた主な成果は次のようである。

1. 形状抗力が小さいLEBU板の壁面近傍への挿入は壁面摩擦係数の低減に有効であるが、乱流熱伝達の促進には有効でないこと、このことは乱流運動の組織構造が変化しないまま、壁面近傍の乱れ強度が低下することにより生じること、を明らかにしている。

2. 厚さを一定に保った偏平柱の長さを変えてその偏平度を増すと、熱伝達の促進度は単調に低下するが、壁面摩擦係数は単調に変化せず、ある長さまで増大したのち低下すること、これと同様の傾向は壁面近傍領域の平均速度と乱れ強度にも認められること、さらに偏平柱と角柱の挿入による運動量輸送と熱輸送の非相似性の発現は、円柱挿入時と同じく、インタラクション運動の選択的増強によること、を見出している。

3. 角柱に付設するスプリッタープレートを長くすると、カルマン渦の発生が抑制され、それに伴って熱

伝達の促進度が低下するが、摩擦係数は顕著に変化しないので運動量輸送と熱輸送の非相似性が弱くなること、この非相似性は壁面近傍へのカルマン渦の到達に同期する特定の乱れ組織運動の間欠的強化により生じること、を指摘している。

4. 渦発生体を LEBU 板下面に付設して使用しても縦渦が発生し、したがって乱流伝熱の促進に有効であり、この組合わせ物体が境界層から突き出ない範囲では、渦発生体寸法が大きいほど、また迎え角が大きいほどその有効性が高いこと、さらにこの伝熱促進は、壁面近傍乱れの増強によるのではなく、縦渦の形成に伴って生じる吹き下ろし流域での低温の主流流体の加熱面近傍への吹き下ろしにより生じること、を見い出している。

5. この組合わせ物体を内部流熱伝達に応用する場合には、LEBU 板の渦発生体背後に切り欠きを設けることにより有効性が向上すること、を明らかにしている。

以上要するに、本論文は渦の発生・制御と乱流熱伝達の促進の関係について種々の新しい知見を提供したものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 8 年 12 月 26 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。