

氏 名	椎原 尚輝
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	第 558 号
認定課程名	防衛大学校理工学研究科後期課程
学位授与年月日	平成 29 年 8 月 18 日
論文題目	赤外線カメラを用いた円管内乱流熱伝達変動の新測定 手法開発と複雑な流れ場への応用
審査担当専門委員	(主査) 東京大学 教授 津江 光洋 東京大学 教授 加藤 千幸 九州大学 教授 渡邊 聡

審査の結果の要旨

伝熱機器の熱設計には、流体-固体間の伝熱量を予測するため、熱伝達率の空間分布の把握が必要不可欠である。また、熱伝達率が時間的に変動する場合には、固体壁温度の変動により伝熱量の推算が不正確となり、高サイクル熱疲労発生予測を困難にする可能性があるため、熱伝達率の時間変動を定量的に把握する手法が求められている。そこで著者は空間および時間分解能を有する乱流熱伝達率の定量計測手法を提案し、それを実現するための伝熱モデルの構造を考案した。本手法は熱伝達変動を伝熱面の温度変動として捉えるものであり、側壁の一部を金属箔の伝熱面とした円管を対象とし、その伝熱面からの赤外光を赤外線カメラにより計測することで伝熱面の温度を求めた。赤外線カメラを用いることで温度の 2 次元計測が可能となり、熱容量の小さい薄いチタン箔を伝熱面として用いることで時間分解能の高い計測を行うことが可能となる。また、2 次元熱伝導方程式に基づき伝熱面の温度から熱伝達率を算出する簡便な手法を開発し、熱伝達率算出に及ぼす伝熱面の熱容量による時間遅れと円管の軸方向への熱拡散による減衰の影響を解析している。

本手法を用いて、十分に発達した円管内乱流における熱伝達率の空間分布およびその変動挙動を計測し、従来の実験および計算結果との比較により、得られた計測結果が定量的に妥当であることを確認した。また、はく離・再付着を伴う流れ場の計測では、流れの再付着領域における熱伝達率の時間的・空間的な挙動を明らかにし、再付着領域では時間平均熱伝達率が增大するのみならずその変動も増大することを示した。さらに、流れの急加速・急減速を伴う流れでは、急減速

時には乱流のストリーク構造が流れ方向に潰れたようなスポット状の熱伝達率分布が現れ、これが伝熱促進の要因となるのに対し、急加速時には流れの層流化が伝熱を抑制することが明らかにされた。

以上により、本研究では円管内の乱流場において空間的および時間的に変動する熱伝達率を計測する手法を開発し、その手法を用いた計測結果の妥当性を検証とともに、はく離・再付着を伴う流れ場および急加速・急減速を伴う流れ場における熱伝達率計測への本手法の有用性を示した。これは、伝熱機器の伝熱挙動の詳細な予測を可能にし、その熱設計に有用な情報を与えることが期待されるものであり、その工学的価値は高く博士（工学）として合格と判定した。