

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	自動車用内燃機関の壁面熱伝達に関する基礎的研究
Title(English)	
著者(和文)	原田雄司
Author(English)	Yuji Harada
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10958号, 授与年月日:2018年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:店橋 護,小酒 英範,末包 哲也,佐藤 進,志村 祐康
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10958号, Conferred date:2018/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		原田 雄司	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	店橋 護		教 授		志村 祐康	准教授
	審査員	小酒 英範		教 授	審査員		
		末包 哲也		教 授			
		佐藤 進		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「自動車用内燃機関の壁面熱伝達に関する基礎的研究」と題し、以下の 5 章より構成される。

第 1 章「緒論」では、近年の環境・エネルギー問題に関連して、自動車用内燃機関における熱効率改善の重要性を示した上で、そのための技術課題について概論するとともに、本論文の目的を述べている。すなわち、自動車用内燃機関の熱効率を改善するには、エンジン燃焼室壁面からの冷却損失を低減する必要があるが、冷却損失低減とトレードオフの関係にある高圧縮比化等の技術要素との関係を十分考慮に入れた開発が必要であることを指摘している。また、このような開発には、壁面熱伝達に関する高精度な物理数学モデルを用いたモデルベース開発が有効であるが、既存の壁面熱伝達モデルの予測精度は不十分であることを指摘し、エンジン燃焼室を模擬した気体温度、圧力、流速及び壁面温度が変化する場における流動・熱伝達特性を解明し、高精度かつ低コストの壁面熱伝達モデルを提案することが本研究の目的であると述べている。

第 2 章「雰囲気温度・圧力が変化する乱流境界層の壁面熱伝達」では、気体温度、圧力及び流速が非定常に変化する乱流境界層を実現可能な急速圧縮膨張装置を開発し、高速粒子画像流速計による流体速度計測と壁面熱流束計測を同時に行うことで、速度境界層と壁面熱伝達との関係を明らかにしている。すなわち、エンジン燃焼室内のように気体温度、圧力及び流速が非定常的に変化する乱流境界層においても、速度場が十分発達していれば準定常状態の十分発達した乱流境界層における壁面熱伝達を仮定することで、壁面熱流束を定量的に予測できることを明らかにしている。また、これらの結果から既存の壁面熱伝達モデルを評価し、高精度な冷却損失予測には、対数則域の平均流速分布を用いて摩擦速度を推定し、壁面境界層内の密度変化を考慮に入れた壁面熱伝達モデルを適用する必要があることを明らかにしている。

第 3 章「壁面温度が変化する乱流境界層の壁面熱伝達」では、気体温度、圧力及び流速の変化に加えて、壁面温度が非定常的に変化する乱流境界層を実現可能な急速圧縮膨張装置を用いて、流体速度と壁面熱流束の同時計測を行うことで、壁面熱伝達に対する壁面温度変化の影響を明らかにしている。すなわち、第 2 章で開発した急速圧縮膨張装置の燃焼室壁表面に、体積比熱と熱伝導率が低い遮熱膜を形成し、気体温度の変化に追従して壁面温度が大きく変化する乱流境界層を実現している。加えて、高精度に熱流束を計測する必要性から高応答の熱流束センサーを用いることで詳細な熱流束計測を可能としている。熱流束と流体速度の同時計測結果から、上死点近傍において壁面温度が気体温度に追従して高温となる場合、壁面温度がほぼ変化しない条件よりも壁面熱流束と熱伝達係数が低下することを明らかにしている。また、壁面温度が高くなると、壁面最近傍の動粘性係数の上昇により温度境界層厚さが厚くなり、これが壁面温度変化に伴う熱伝達係数の変化要因であることを明らかにしている。さらに、気体温度、圧力及び流速の変化に加えて、壁面温度が非定常的に変化する乱流境界層においても、速度場が十分発達していれば準定常状態の十分発達した乱流境界層の壁面熱伝達を仮定することで壁面熱流束を約 20%の誤差で予測できることを明らかにしている。

第 4 章「非発達乱流境界層における壁面熱伝達」では、気体温度、圧力及び流速が非定常的に変化する十分発達した状態に達していない乱流境界層における壁面熱伝達特性を明らかにし、新たな乱流熱伝達モデルを提案している。すなわち、エンジン燃焼室内のように十分発達した状態に達していない乱流境界層が形成される場合、準定常状態の十分発達した乱流境界層に対する壁面熱伝達モデルでは壁面熱流束を定量的に予測できないことを明らかにしている。これは、非発達乱流境界層の乱流レイノルズ数分布が十分発達した乱流境界層と異なることが主要因であるとしている。このことから、非発達乱流境界層と十分発達した乱流境界層内の乱流レイノルズ数の差異を表現する項を導入することで、新たな低計算コストの壁面熱伝達モデルを提案し、非発達乱流境界層における壁面熱流束の予測精度を改善している。さらに、本研究で提案したモデルを予混合圧縮自己着火(HCCI)エンジンに適用することで、壁面熱流束予測の精度向上を介して燃料混合気の自着火特性の予測精度改善に寄与できることを明らかにしている。

第 5 章「結論」では、各章で得られた結論を総括している。

以上を要するに、本論文は、気体温度、圧力及び流速が非定常的に変化する発達及び非発達乱流境界層における流動・熱伝達特性を明らかにし、自動車用内燃機関に適用可能な高精度かつ低計算コストの壁面熱伝達モデルを提案したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。