

論文

(3) エンジン用隣接三点MEMS熱流束センサの開発



出島 一仁^{*1} 中別府 修^{*2} 中村 優斗^{*3}



土屋 智洋^{*4} 長坂 圭輔^{*5} 樋口 雅晃^{*6}

自動車用内燃機関（エンジン）において、燃焼室壁面で生じる熱伝達は熱効率や排気などに大きな影響を与えることが知られている。そのため、エンジン性能の向上のためには熱伝達メカニズムの解明が極めて重要といえる。しかしながら、燃焼室の現象は非常に高速かつ複雑であり、従来の計測技術では熱伝達現象を詳細に捉えることが困難であった。

著者らは、MEMS（Micro-Electro-Mechanical Systems）技術を用い、これまでになく高分解能な測定が可能な熱流束センサを開発した。本センサは直径900ミクロンの円周上に一辺315ミクロンの薄膜測温抵抗体を3つ搭載しており、エンジン内の乱流渦と同等の空間スケールでの多点同時測定を可能とした。さらに、測温抵抗体の採用により、従来の熱電対式の10倍以上の高感度測定と熱流束較正を可能とした。

開発したセンサを用いてエンジン実機における熱流束測定試験を行ったところ、瞬時熱流束を明瞭に捉えることに成功した。得られた瞬時熱流束はサイクルごとに大きく変動することが明らかとなり、さらに、熱流束の位相とピーク値に相関があることを見出した。本センサによる高S/N比測定の実現により、従来の平均化処理で見落とされていた瞬時熱伝達現象の実像を明らかにしつつある。

さらに、隣接点で得られた瞬時熱流束が互いに似た波形を示すものの、その位相がわずかにずれていることに着目し、熱流束の位相差から壁面近傍の移流速度を推定する手法を開発した。エンジン実機で推定された移流速度は数m/s程度となり、可視化エンジンで光学的に測定された流速と大きな差はないことが確かめられた。移流速度の物理的意味や推定精度の検証は今後の課題として残るもの、本手法により、プローブを1本挿入するだけで光学的アクセスの難しいエンジンにおいて熱伝達と流動の関係を調べられるようになる可能性がある。熱伝達と流動を同時に捉えることができれば、熱伝達メカニズムの解明に大きく貢献できると期待される。

*掲載：日本機械学会論文集, 84-867, (2018-11), 18-00245.
*1 正員, 明治大学大学院 理工学研究科 (〒214-8571 川崎市多摩区東三田1-1-1) (現)滋賀県立大学
*2 フェロー, 明治大学 理工学部
*3 正員, 明治大学大学院 理工学研究科 (現)パナソニック㈱
*4 正員, 明治大学大学院 理工学研究科 (現)富士通㈱
*5 正員, 明治大学大学院 理工学研究科 (現)小野測器㈱
*6 正員, 明治大学大学院 理工学研究科 (現)東芝マテリアル㈱

論文

(4) Simultaneous two cross-sectional measurements of NH₃ concentration in bent pipe flow using CT-tunable diode laser absorption spectroscopy*



松井 仁^{*1} 宇田川 和正^{*2} 出口 祥啓^{*3} 神本 崇博^{*4}

自動車の排出ガス浄化のため、尿素Selective Catalytic Reduction (SCR) と呼ばれる浄化装置が窒素酸化物 (NO_x) の浄化に広く用いられている。この尿素SCRのNO_x浄化には、触媒入口のアンモニア (NH₃) の濃度分布が影響することが知られており、Computed Tomography (CT) と半導体レーザ吸収法 (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy : TDLAS) を組み合わせた手法 (CT-TDLAS) が、触媒入口NH₃の2次元温度・濃度分布の計測に用いられている。また、自動車開発の現場では流体シミュレーション (Computed Fluid Dynamics : CFD) によって、触媒入口のNH₃濃度分布の推定が行われている。しかし、CFDの結果が正しいかどうかを実機試験で確認することは難しく、また単一断面での計測だけでは流体がどのように流れているか詳細に知ることが困難なため、設計上の問題点を迅速に把握することが難しいのが現状である。

本論文ではこれらの問題点を解決すべく、2断面同時に尿素SCR入口のNH₃濃度分布を計測し、この計測結果とCFDの計算結果の比較を行った。本研究では先に述べたCT-TDLASの手法を用い、複数のレーザパスから複数の吸収量を得て、これらの吸収量をCT解析にかけ空間分布を再構成し2次元の対象ガス (NH₃) の濃度分布を得る。著者らはまず、4重円管を用いたCH₄ガス濃度分布計測を行い濃度分布計測の精度検証を実施した。次に8つの試験条件について、2つの32パス計測セルを用いたNH₃濃度分布の2断面同時計測を行い、合わせてこの試験を模擬したCFDによるシミュレーションを実施し、これらの結果比較を行った。2次元のNH₃濃度分布の2断面の同時計測については、各条件とも断面毎のNH₃濃度分布が時間経過とともに変化している様子が捉えられている。また、これらの試験結果とCFDによるシミュレーション結果との比較では、概ね2次元のNH₃濃度分布は類似したパターンを示していた。本研究の結果、CT-TDLASによる2断面32パスの計測セルを使いNH₃濃度分布を計測することで、断面毎に異なる濃度分布を過渡的に捉えることが可能となることを示した。また、これら2断面の計測結果はCFDのシミュレーション結果と非常に類似した分布になっており、流れの現象把握や実験とCFDの精度検証作業に有用であることが示された。

*掲載：Journal of Thermal Science and Technology, 14-2, (2019-7), 19-00237.

*1 正員, いすゞ自動車㈱CAEデジタル開発推進部

*2 いすゞ自動車㈱CAEデジタル開発推進部

*3 正員, 徳島大学大学院社会産業理工学研究部

*4 徳島大学大学院社会産業理工学研究部