

MEMSセンサを用いた温度・熱流束測定

関連するSDGsの国際目標



工学部 ガラス工学研究センター(機械システム工学科兼務)

講師 出島 一仁

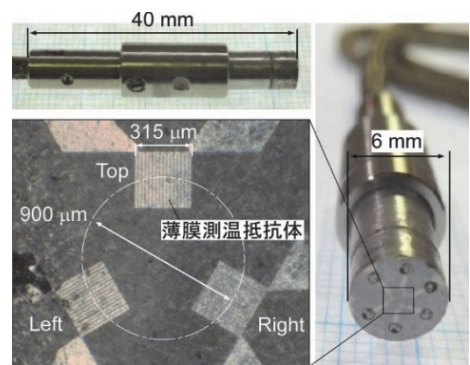
研究分野 : 熱工学、伝熱工学, MEMS

研究室HP : <http://www.mech.usp.ac.jp/~prw/index.html>

微細加工の一つであるMEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) 技術を利用し、高分解能な温度・熱流束測定技術の開発を行っている。特に、開発したセンサを用いてエンジンの燃焼室における燃焼ガスと壁面間の熱伝達メカニズムを調べ、エンジンの熱効率向上へ貢献することを目指した研究を行っている。

■ 金属基板MEMSセンサの開発

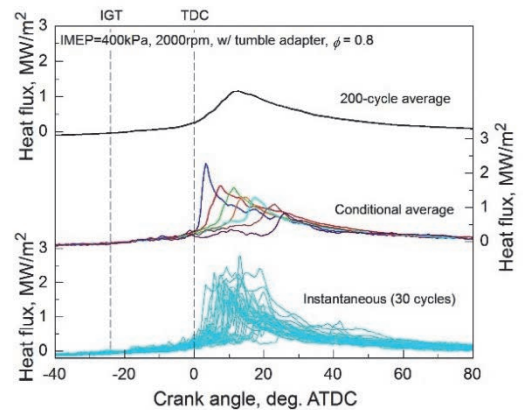
- ・アルミ合金上に一辺315ミクロン、膜厚約0.5ミクロンの薄膜測温抵抗体を3つ形成することで、エンジン壁面の高速な温度変化を乱流渦と同等の空間スケールで測定し、燃焼ガスと壁面間の熱伝達メカニズムを調べている。
- ・エンジン研究で一般的な熱電対式に対し、測温抵抗体式は感度制御による高S/N比測定が可能というメリットがある。さらに、電圧印加による発熱を利用した熱流束較正が可能であり、測定結果の信頼性を確保できる。



エンジン用MEMSセンサ*

■ 熱流束のサイクル変動

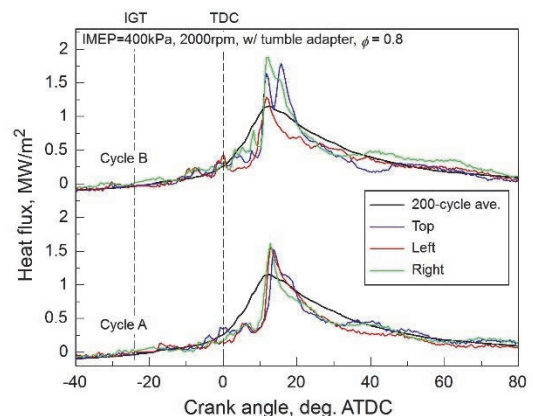
- ・測温抵抗体による高S/N比測定の結果、ノイズの大きいエンジンにおいても熱流束を1サイクル毎に評価することが可能となった。瞬時熱流束を捉えることで、熱伝達現象の実像を明らかにしつつある。
- ・従来は数百サイクルのアンサンブル平均熱流束の議論に終始していたが、瞬時熱流束はアンサンブル平均値より高く鋭いピークを有し、サイクル毎のばらつきが大きいことがわかった。さらに、ピーク位置に関する条件付きアンサンブル平均値を調べると、ピーク位置が上死点に近いほど熱流束が大きくなる傾向があることが明らかとなった。



エンジン壁面熱流束のサイクル変動*

■ 瞬時熱流束の局所空間分布

- ・MEMS技術の利用により、隣接3点同時測定を実現した。その結果、隣接点でも位相やピーク値が異なる瞬時熱流束が得られ、ガス側にサブミリメートルオーダーの乱れが存在することが実験的に確認された。
- ・隣接3点で得られた瞬時熱流束の位相差から、熱流束変動を引き起こす流体塊の移動速度を推定する手法を開発した。これにより、センサを1本挿入するだけで、熱流束だけでなく流動情報を取得でき、熱伝達と流動を関連付けた調査がより簡便に行えるようになると期待される。



エンジン壁面熱流束の局所空間分布*

*出島一仁他, エンジン用隣接三点MEMS熱流束センサの開発, 日本機械学会論文集, Vol. 84, No. 867 (2018).