

寿命法を用いたエンジン内壁面温度計測

染矢聡 内田光則 富永馨 石井慶子 李艶栄

東京大学

エンジン内部の温度分布を一様にし、燃焼速度を上昇させて熱効率を高めることで燃費向上と排ガスのクリーン化を達成できるため、エンジン内部の温度・速度を同時に把握することが重要である。本研究では、高温環境でも利用できる感温性無機質蛍光粉体を粒子画像流速測定法(PIV)のトレーサ粒子として適応することで、従来は困難であった高温流動場の温度・速度同時計測を可能とする新手法の開発を行っている。この手法では 1 台の高速度カメラを利用し、高い時間・空間分解能で任意の二次元断面温度・速度を計測できる。また、極低温から約 1300°C まで、あらゆる作動流体に適用できる。今回の発表では、まず蛍光体を用いた温度計測手法に着目し、蛍光体の特性調査、エンジン内壁面温度計測を行ったので報告する。

本研究では発光強度が強く、想定される温度範囲(80~180°C)で高い温度依存性を持つ Y_2O_2S を利用した。この蛍光体は約 600°C までの範囲で温度に依存して燐光寿命と燐光強度が変化する。寿命法は強度法と比較して、レーザー強度のムラや蛍光体の塗装ムラによる誤差の影響を受けず、リファレンス画像が不要といった利点がある。そこで本研究では寿命法を用いた。励起光源は YAG 第三高調波(28mJ/pulse)とし、高速度カメラの撮影速度は 40000fps とした。

高速度カメラを用いた寿命法計測では、励起直後から露光を開始し、一定時間内に連続した複数枚の画像を取得する。連続画像の各フレームの輝度は、ある有限時間内における発光量を積算した値を示す。また、蛍光体の発する燐光の減衰は、必ずしも単純な指数関数で表すことができない。特に減衰初期と後期で指数関数の傾き、つまり、減衰率が変化する。近年は二重指数関数などを用いた評価が増えてきているが、本研究では一次の指数関数で減衰を評価しつつ、利用する画像枚数(時間)を変化させて、その影響を調べた。また、得られた減衰率と温度の関係については任意の式で最小自乗フィッティングを行った。減衰率と温度の関係について、寿命法は原理的に空間的な差異を持たないが、カメラの非線形性等を考慮して微小な検査領域を設定し、検査領域ごとにこれらの関係式を算出した。

これら一連の温度算出における誤差評価については、得られた関係式を用いて、温度一様場で撮影した校正画像を評価し、一連の処理によってどの程度の温度のばらつきが生じるかを調べた。その結果、2~3 枚(50~75 s、エンジンクランク角にして約 0.6°)の画像から温度を算出した場合の誤差は 0.1~4.2°C、10 枚の画像を利用した場合は 0.35~0.40°C であった。多くの画像を用いれば時間分解能が悪くなるが精度が高くなる。既存の研究⁽¹⁾に比べても、時間分解能、温度精度とも大幅に向上している。

また、エンジン運転中に測定した瞬時温度についても、熱電対で測定した時間平均温度と比べて定性的に正しい値を示した。また、エンジンの吸気を加熱した場合には、吸気口に近い壁面の温度が上昇することも確認できた。今後は、温度評価方法の改善を行いつつ、時間分解能の高い薄膜熱電対等を併用して実験を行い、定量的な評価を行うことが必要である。

参考文献

(1) A.Omrane, F.Ossler, M.Alden, Exp. Therm. Fluid Sci. 28,669-676(2004)

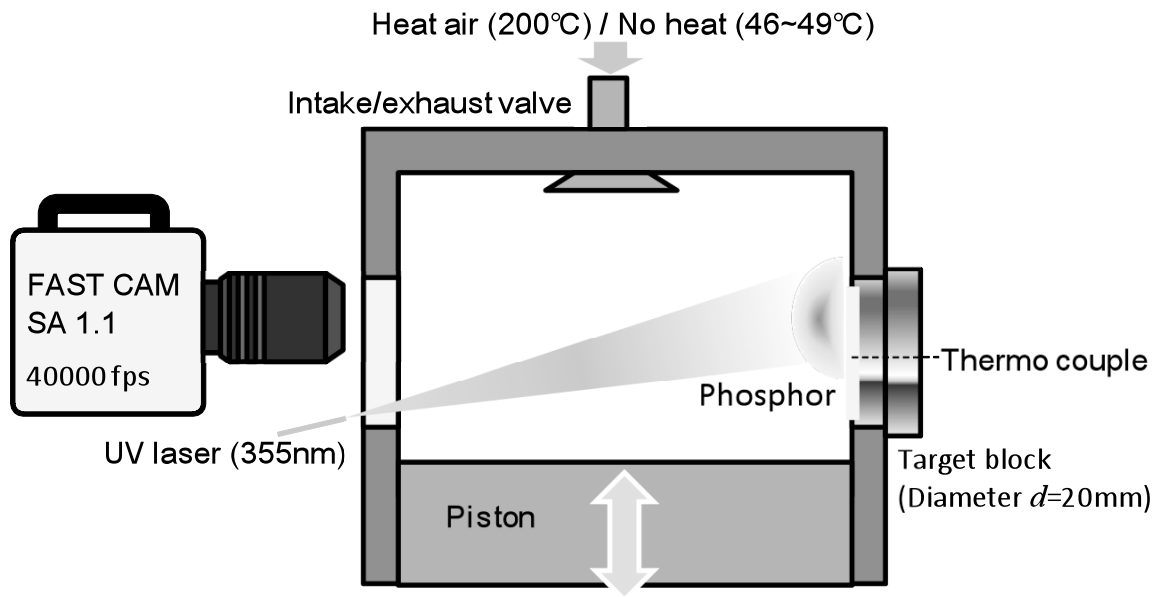


Fig. 1 Schematic of the experimental set up

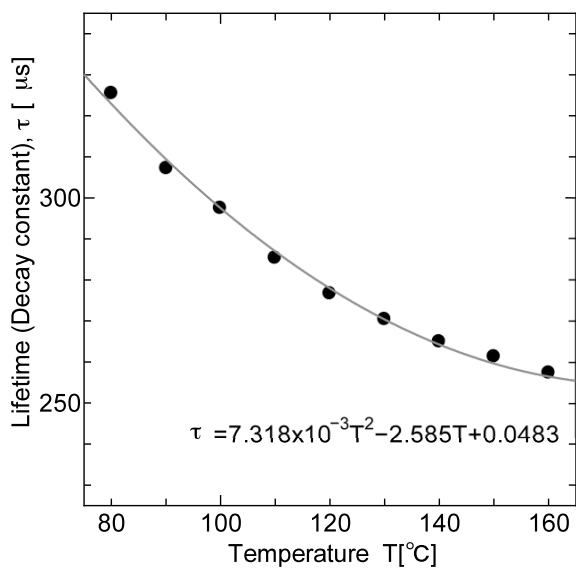


Fig. 2 A relation between the decay constant and temperature (左図)

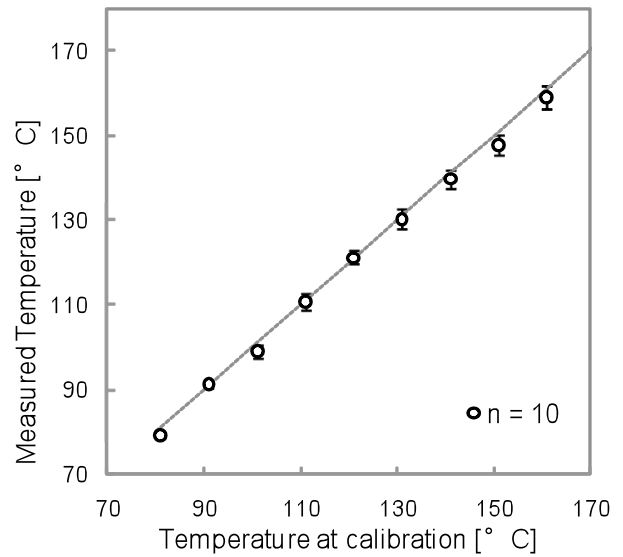


Fig. 3 Back-calculated temperature (右図)

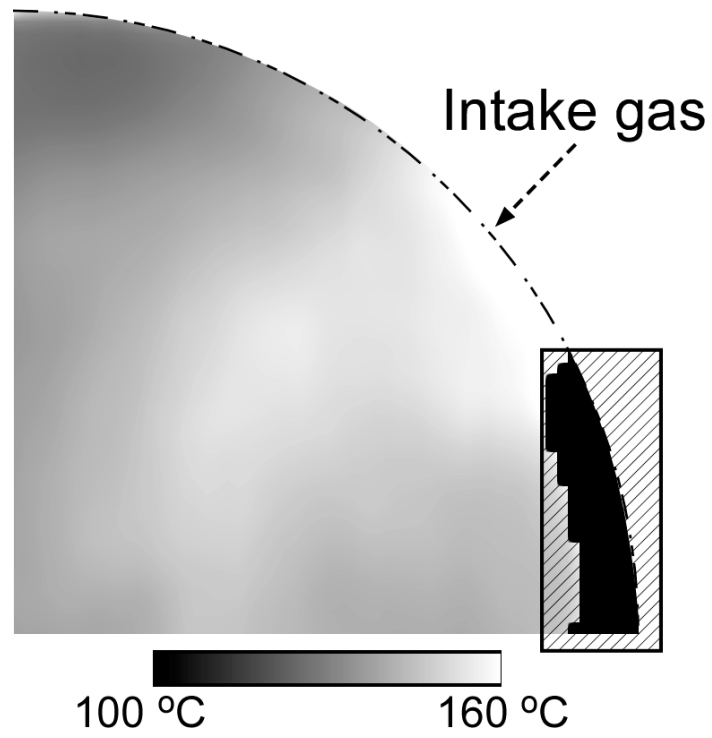


Fig.4 Temperature distribution (a) at 60 BTDC without heating of the intake gas, (b) at 30 BTDC without heating and (c) at 30 BTDC with heating

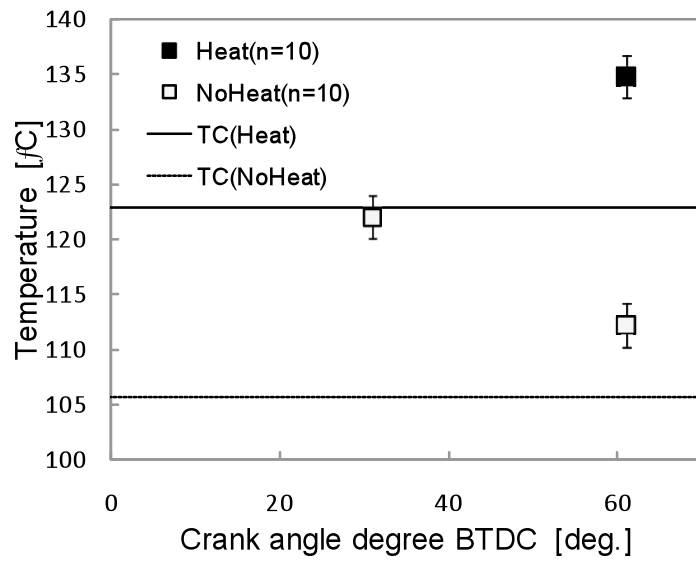


Fig. 5 Temperature in the optical engine at the center interrogation window