

Team Comb. 急速圧縮膨張装置を用いたディーゼル燃焼場における壁面熱損失に関する研究

担当者

Vikas Semwal (M2) 岩本 誠也 (M1) 田中 達也 (B4)

2017 年度班紹介資料

1. 緒言

近年、化石燃料の枯渇が懸念されているため自動車業界においても燃料消費の少ない高効率な内燃機関が求められている。そこで、熱効率が高く低炭素社会に貢献可能なディーゼル機関が注目されている。しかし、内燃機関における燃費基準は厳格化されており⁽¹⁾、今後更なる熱効率向上が求められる。特に、ディーゼル機関は投入熱量の約 20%が冷却損失として失われている。そのため、ディーゼル機関の熱効率向上のためには、更なる冷却損失低減が必要となる。冷却損失の主要因は燃焼による高温熱源が低温側の壁面へ移動することに起因している。この壁面熱伝達による熱損失は噴霧火炎による対流熱伝達が主な要因として挙げられる⁽²⁾。また、壁面熱伝達による熱損失量はニュートンの冷却則より熱伝達率、火炎温度、壁面温度、火炎の接触面積および接触時間の物理因子により決定される。噴霧燃焼において各物理因子間にはトレードオフの関係があるため、冷却損失の低減は困難である。冷却損失を低減するためには、各物理因子と燃焼の噴射条件やノズル諸元等の制御パラメータの影響度を把握する必要がある。

そこで、本研究では指数相関法を用いた各物理因子と制御パラメータのマクロ的な相関の把握およびディーゼル機関の壁面熱損失の低減を目的としている。供試機関には急速圧縮膨張装置(RCEM : Rapid Compression and Expansion Machine)を用い、膨張行程を含む壁面熱伝達メカニズムの究明を試みている。本実験では、同軸型熱電対を用いて熱電対表面および内部の温度を同時計測した。また、輝炎撮影から得られた画像から画像相関法および二色法解析を実施し、火炎流速および火炎温度を算出した。

2. 実験装置および実験条件

2.1 供試機関および周辺装置

本実験では、供試機関としてディーゼル機関における 1 回の圧縮膨張行程が模擬可能な RCEM を用いた。表 1 に RCEM の諸元を示す。また、RCEM のピストン温度は、ヒータおよび温調器(Misumi : MTCD)

により、473K に保持した。噴射系にはコモンレール式燃料噴射装置(DENSO : CPS21)を使用し、インジェクタ(DENSO : G3P インジェクタ)により燃料を噴射した。筒内圧力の測定には圧力センサ(KISTLER : 6125C)を用い、チャージアンプ(KISTLER : type 6011)を介した後、PC に取り込んだ。クランク角度は分解能 0.5deg./pulse のロータリエンコーダからの信号を 4 倍波回路により分解能 0.125deg./pulse として、PC に取り込んだ。

2.2 熱流束の測定手法⁽³⁾

熱流束の計測には同軸型熱電対(Medtherm : 11443)を用いた。図 1 にセンサの取付け位置を示す。同軸型熱電対の構成はピストンと同一材料であるアルミを母材とし、熱電対の頂面および頂面から 3.9mm 下方にはクロメルおよびアルメルからなる K 型熱電対が埋め込まれ、接点を形成している。また、熱流束センサをピストンに 3 本およびヘッドに 1 本埋め込んだ。計測点はそれぞれインジェクタ中心から直線距離にして 8.8mm, 19.5mm, 26mm および 38mm とした。各計測点から算定した熱流束を時間空間積分することで熱損失量を算定した。

Table1 Specification of RCEM

Bore × Stroke	[mm]	85 × 450
Engine speed	[rpm]	200
Allowable pressure in the cylinder	[MPa]	12
Capacity of the motor	[kW]	11
Piston temperature	[K]	473
Connecting rod length	[mm]	870

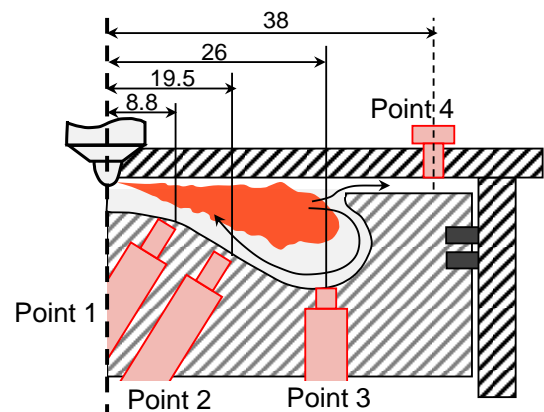


Fig.1 Positional relationship of heat flux sensor in RCEM

2.3 輝炎撮影における光学系

図 2 に本実験で行った輝炎撮影における光学系の概略図を示す。噴霧火炎の発光は合成石英ガラス窓により可視化されている。次章で述べる二色法解析における温度計測上の誤差を低減するため、UV/IR カットフィルタをカメラの前方に設置し、波長 650nm 以上の発光を除去した。また、撮影にはカラーハイスピードビデオカメラ (Vision Research : Phantom V2011C) を使用した。また、撮影速度は 67000fps, 露光時間は $1\mu\text{s}$ とした。

3. 画像解析

図 3 に可視化領域を示す。また、画像解析は図 4 に示す 3 つの領域で行なった。丸の内部が合成石英ガラス窓により可視化された領域、点線が解析対象である噴霧の噴霧軸を表す。また、解析領域は噴霧軸上にある正方形で示す。各領域を Region1, 2 および 3 とし、それぞれ熱流束センサの計測点 Point2, 3 および 4 の直上とした。解析領域はそれぞれ $3.3\text{mm} \times 3.3\text{mm}$ とした。各領域の中心座標を Region1 はイ

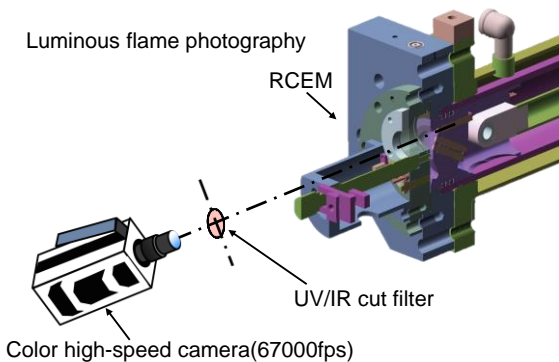


Fig.2 Optical setup for luminous flame photography

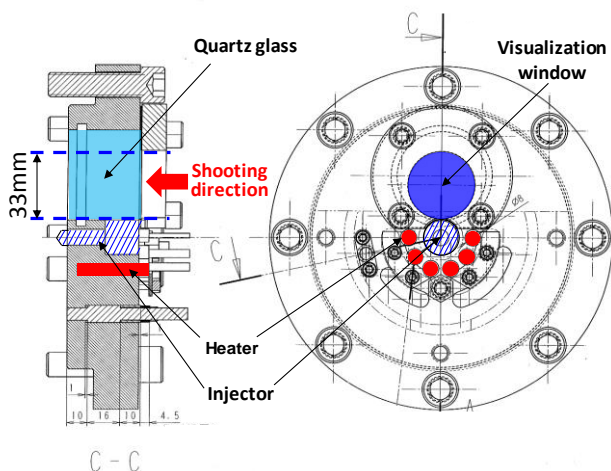


Fig.3 Visualization area

ンジェクタ中心から 8.8mm, Region2 は Region1 から 9.7mm, Region3 は Region2 から 12mm とした。また、検査領域を $32 \times 32\text{Pixel}$, 相関処理領域を $48 \times 48\text{Pixel}$ とし、オーバーラップ率は 75% とした。

3.1 画像相関法による流動解析

本実験では画像相関法による流動解析を行った。解析には PIV 解析ソフトウェア (西華産業 : Koncerto II) を使用し、輝炎画像から火炎流速を算出した。

3.2 二色法による温度解析⁽⁴⁾

二色法は物体からの異なる二波長の放射輝度を計測することで、物体の表面温度を非接触で算出する方法である。解析には二色温度計測システム (Mitsui Photonics : Thermera-HS) を使用し、輝炎画像から火炎温度を算出した。

参考文献

- (1) 大聖泰弘, “自動車用エンジン技術開発の現状と将来”, 自動車技術, Vol. 65, No. 9 (2011), pp.4-10.
- (2) 窪山達也, 小酒英範, “直接噴射式ディーゼル機関の燃焼室壁面熱損失の測定”, 海上技術安全研究所報告, Vol.8, No.2(2008), pp.89-95.
- (3) 木村修二, 松井幸雄, 小池 正生, 榎本 良輝, “直噴ディーゼル機関の燃焼室内熱損失のメカニズムに関する研究: 第 1 報, 燃焼室内局所熱流れの特性”, 日本機械学会論文集(B 編), Vol. 63, No. 613, pp.3187-3193, (1997).
- (4) H. C. Hottel and F. P. Broughton, “F.P. determination of true temperature and total radiation from luminous gas flames”, Industrial and Engineering Chemistry, 4,2(1932),pp. 166-175.

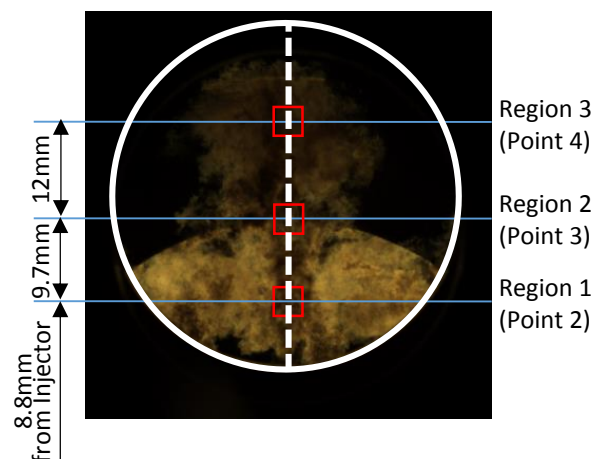


Fig.4 Luminous flame image showed analysis area in image correlation method and two color method