

Team MBD 単気筒ディーゼルエンジンを用いた熱損失低減手法の検討

担当者

加藤 直樹(M2) 藤田 健冴(M1) 小林 篤史(B4)

2017 年度班紹介資料

1. 緒言

近年、ディーゼル機関は可変ノズルターボやコモンレールなどの多様なデバイスを導入することで、高効率化および低エミッション化を実現してきた。しかし、制御デバイスの増加に伴い、ECU(Electronic Control Unit)に入力する制御パラメータが増加し、制御システムの複雑化が懸念される。そのため、エンジン開発において様々な実験をもとに高効率および低エミッションを実現可能な燃焼条件を探索することが困難となりうる。そこで、自動車業界ではシミュレーションツールや実験計画法を用いて開発そのものを机上で行うモデルベース開発(MBD : Model Based Development)を導入し、従来よりも効率的にエンジン開発が行なわれている。

本研究では、高効率および低エミッションを実現する燃焼条件を実験により得た多数のデータをもとに探索することを目的とする。これを本研究のMBD解析と位置付け、本研究のコンセプトを図1に示す。本報では、MBDの第一段階として壁面熱伝達による冷却損失(以下、熱損失)の低減に着目し、熱勘定解析および熱発生率解析を行うことで熱発生率形状から熱損失を低減可能な燃焼過程の把握を試みた。そこで、各パラメータを単独で変化させた実験を行い、それぞれが熱損失に与える傾向を評価した。

2. 実験装置

本研究では、単気筒の直噴ディーゼル機関(ボア×ストローク:φ85×96.9mm, 排気量 550cc, 圧縮比 16.3)を用いた。図2にシステム構成図を示し、実験の際は、エンジン冷却水温度を $80\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、吸気温度を 40°C と設定した。また、エンジンと独立したS/C(Super Charger), SCV(Swirl Control Valve)およびDPF(Diesel Particulate Filter)を備えた低圧EGR(Exhaust Gas Recirculation)システムを採用している。供試燃料にはJIS2号軽油(セタン価 56.1)を使用した。

3. 解析方法

3.1. 熱勘定

本研究では熱勘定の算出に鶴島らの文献を参考に

した。なお、排気損失は吸・排気の内部エネルギー差により求めている。この際必要となる各化学種の定容比熱はJANAFのテーブルの値を用いて算出した。また、実験の際は吸・排気の圧力差を一定とし、ポンプ損失を0に近づけている。未燃損失は排ガス成分中のCO, THC およびPMの排出量をもとにカーボンバランス法によって算出している。冷却損失は実験によって直接求めることができないため、投入エネルギーから正味仕事および各種損失を差し引くことによって算出している。

4. 実験結果および考察

本報では、機関回転数、総燃料噴射量、噴射インターバルおよびスワール比を一定のもとで、パイロット噴射量割合、噴射時期、噴射圧力、過給圧力およびEGR率を実験パラメータとして選定した。

4.1 各実験パラメータを単独に変化させた際の評価

本節では、噴射圧力に着目し、各実験パラメータが熱損失に与える影響を調査した。

4.1.1 噴射圧力変化時の評価結果

本節では、噴射圧力を変化させた際の熱勘定解析

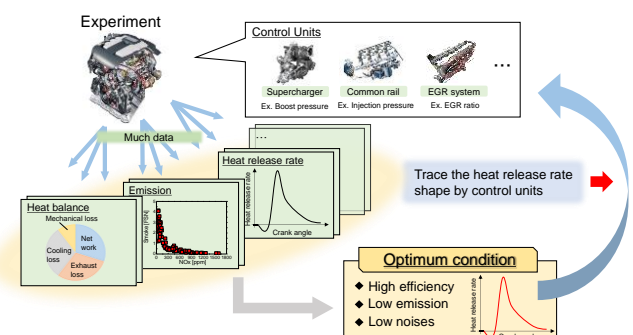


Fig. 1 The concept of this study

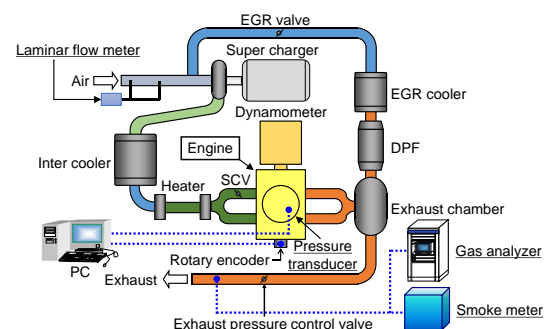


Fig.2 Schematic diagram of test system

を行った。表 1 に実験条件を、図 3 に噴射圧力変化時の熱発生率履歴および筒内温度履歴を示す。図 4 に熱勘定解析結果を示す。図 3 および図 4 より、噴射圧力の増加に伴って筒内温度は上昇し、熱損失は減少していることが確認できる。したがって、本状条件においては、ニュートンの冷却則より、熱損失は接触面積および燃焼期間に支配的になると考えられる。

次に、前述した条件より噴射時期を進角化させた際の熱発生率履歴および筒内温度履歴や熱勘定解析を行った。パイロット噴射時期を 23.0deg.BTDC、メイン噴射時期を 8.0deg.BTDC としその他の条件は表 1 と同様とした。図 5 に噴射時期を進角化させた際の熱発生率履歴および筒内温度履歴を、図 6 に噴射時期進角化時の熱勘定解析結果を示す。図 5 および図 6 より、噴射圧力の増加に伴って筒内温度は上昇し、熱損失は単調に増加していることが確認できる。したがって、噴射時期を進角化させた際は、ニュートンの冷却則より、熱損失は燃焼温度に支配的になると考えられる。

以上より、噴射条件や燃焼室形状によって熱損失の傾向は変化することが確認できた。

Table 1 Experimental conditions

Engine speed	[rpm]	2000
Total injection quantity	[mg/str.]	29.4
Pilot injection quantity	[mg/str.]	2.0
Pilot injection timing	[deg.BTDC]	13.0
Main injection timing	[deg.BTDC]	-2.0
Rail pressure	[MPa]	80, 110, 150, 180
Boost pressure	[kPa]	138
EGR ratio	[%]	20
Swirl ratio	[-]	2.05

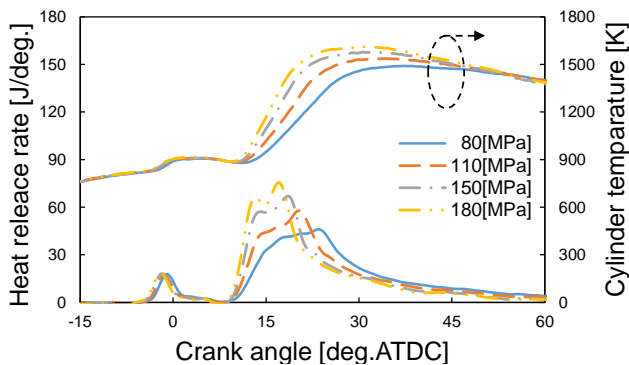


Fig. 3 Heat release rate and cylinder temperature

5. 結言

本研究では、単気筒ディーゼルエンジンを対象に様々な条件下で実験を実施し、熱発生率、熱勘定の解析を行った。以下に得られた知見を示す。

1. 制御パラメータを変化させた際の熱損失の傾向を把握することができた。しかし、その他の制御因子の設定条件によって、その傾向が変化することも考えられる。

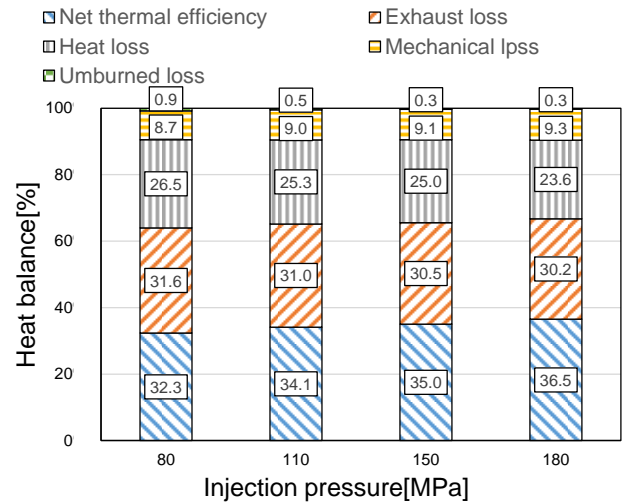


Fig. 4 Comparison of heat balance with different injection pressure

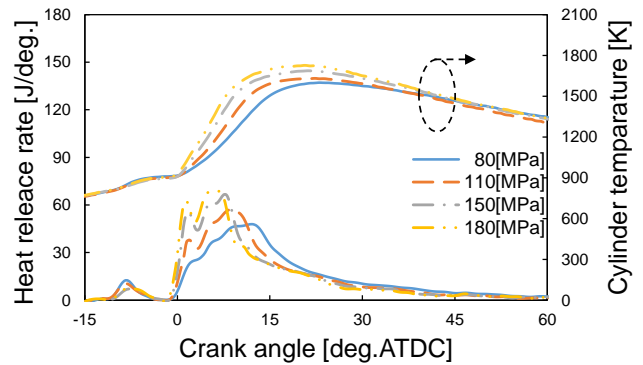


Fig. 5 Heat release rate and cylinder temperature

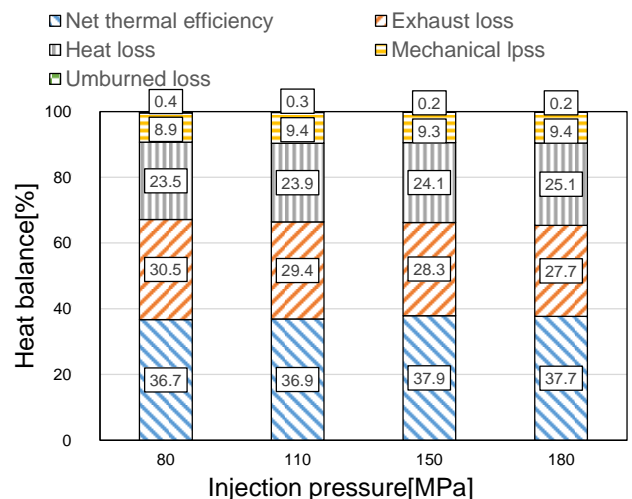


Fig. 6 Comparison of heat balance with different injection pressure