

令和 2 年 5 月 22 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K06129

研究課題名(和文) ガソリンエンジンの燃焼変動低減を目的とした高精度シリンダ内状態予測法の開発

研究課題名(英文) Development of high-precision cylinder state prediction method for reducing combustion fluctuation of gasoline engine

研究代表者

鈴木 隆 (Suzuki, Takashi)

上智大学・理工学部・教授

研究者番号：20206494

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：乗用車用ガソリンエンジンの電子制御装置に搭載可能な、ガス流動モデル、熱損失推定モデル、壁温・ガス温度推定法を構築したことにより、サイクルごとに残留ガス量および着火時期を予測し、最適な点火時期を決定できるという工学的側面に貢献することが可能となった。エネルギー方程式を基盤としているため、燃焼室形状や回転数の変化のみならず、船舶や産業機器に使用される内燃機関においても、熱損失やガス温度推定が可能な点も特徴である。構築したモデルは、計算負荷は低い精度も低い実験式、もしくは高精度予測は可能だが計算負荷が著しく大きいモデルと比較すると、両者の良いところを抽出した学術的意義も大きいと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では様々な分野で使用されるエンジンや運転条件により変化するガス温度などを、リアルタイムで計算することにより最適な運転条件に調整することが可能となるモデルを構築した。この点は学術的に貢献した点と考えられる。

また、構築したモデルによりエンジンを常に最適なエネルギー効率で運転することが可能となるため、自動車から排出される二酸化炭素量を低減することが可能となり、地球温暖化防止の一助となることから社会的にも意義があると考えている。

研究成果の概要(英文)：By constructing a gas flow model, a heat loss estimation model, and a wall temperature and gas temperature estimation method that can be installed in the electronic control unit of a gasoline engine for passenger cars, are predicted the residual gas amount and the ignition timing for each cycle. It has become possible to contribute to the engineering aspect of determining the optimum ignition timing.

Since it is based on the energy equation, not only is it applicable to changes in the shape of the combustion chamber and engine speed, but it is also possible to estimate heat loss and gas temperature in internal combustion engines used in ships and industrial equipment. The constructed model is considered to have greater academic significance by extracting the good points of both, when compared with the empirical formula with low calculation load, but low accuracy, or the model with high prediction accuracy but large calculation load.

研究分野：熱工学，伝熱工学，エンジンシステム

キーワード：熱損失推定 ディーゼルエンジン ガソリンエンジン ガス温度推定 壁温推定 噴射時期制御  
点火時期制御 熱効率

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

乗用車用ガソリンエンジンの熱効率向上を図る方法として、サイクルごとの燃焼変動を低減させ、点火時期を最適に制御する手法が挙げられる。申請者らの一連の研究にて、燃焼変動に最も寄与するのは、前サイクルのシリンダ内の残留ガス量であることを明らかにしている。そのため、シリンダ内圧力センサーを用いて残留ガス割合を推定し、最適な点火時期を推定する手法を提案した(一柳, 鈴木 2016)。しかしながら、本手法はエンジンにシリンダ内圧力センサーを搭載することが必要不可欠であるが、センサーの耐久性の観点から自動車への搭載は困難な状況である。そのような背景から、圧力センサーを使用せずに、残留ガス量を含めたシリンダ内のガス流動状況を推定する手法が別途必要であると考えた次第であり、この点が本件の着想の基となっていた。ガソリンエンジンの燃焼室内では、混合気形成、燃焼状態、ガス流動、熱損失という現象の相互作用から熱発生率が決定される。そのため、上記4種の現象をモデル化し、事前にシリンダ内のガス流動およびガス温度を推定できれば、残留ガス量が明らかとなり燃焼変動を低減させることが可能となる。これまで、混合気形成や燃焼のモデル化は多くの研究グループにより報告されていた(例えば, Moiz et al. (2015), Kwak et al. (2014) など)。しかしながら、ガス流動および熱損失のモデル化は、世界的に見ても数少なく(調べた限りでは, Schubert et al. (2005), Rakopoulos et al. (2010) の2グループ)、作成されたモデルも計算負荷が高いことが問題点として挙げられていた。そのため、半世紀ほど経った現在でも、Eichelberg (1939) による実験式や Woschni (1967) の提案した経験式が、数値シミュレーションや CAE を含めた多くの場で利用されていた。ただし、これら推定モデルは、定常運転において実験値と比較的良く一致するものの、エンジン形状や運転時の回転数が異なると誤差率 100% を超えることが報告されており、過渡運転が多くの割合を占める乗用車には、上記モデルは役不足と言わざるを得ない。そこで、本申請研究では、過渡運転にも対応可能な燃焼室内のガス流動モデルおよび熱損失推定モデルを構築することを提案した。

また、燃焼室の壁温・ガス温度は、従来ではポリトロープ仮定から推定していた。しかしながら従来手法は、燃焼室内の残留ガス量を高精度に予測できなければ、吸気・圧縮行程中のガス温度推定の精度が著しく低下していた。残留ガス量は、先にも記述した通り、シリンダ内圧力をクランク角度ごとに測定する必要があるが、乗用車への実装を鑑みると、圧力センサー搭載を伴うことから不向きな推定法と言わざるを得ない。そこで、本申請研究では、現状の乗用車で測定されている冷却水温度を元に、熱通過率を用いて壁温・ガス温度を推定する手法を新たに構築することとした。熱通過率の高精度化には、先の熱損失推定モデルに加え、吸気ポート壁と吸入空との熱伝達率(ポート熱伝達率)および冷却水と燃焼室壁との熱伝達率(冷却水熱伝達率)の構築が必要となる。両熱伝達率は、乱流熱伝達を基盤とし、熱流束測定結果から実験的に定式化することが期待されていた。

### 2. 研究の目的

乗用車用ガソリンエンジンにおいて、サイクルごとの燃焼変動の低減は、熱効率向上の有効な手段である。燃焼変動は、前サイクルのシリンダ内の残留ガス量の変動に最も影響されることがわかっており、申請者はこれまでにシリンダ内圧力センサーを用いた残留ガス量の推定法を提案してきた。しかしながら、本手法はセンサーの耐久性の問題から実用化に向かないため、残留ガス量を事前に推定可能な新たな手法を開発する必要がある。そこで本申請研究では、燃焼室内の現象をモデル化(ガス流動モデル、熱損失推定モデルを構築)し、シリンダ内のガス流動予測に必要な壁温・ガス温度推定法を開発する。ガス流動モデルは、流動の方向に基づき乱れ成分を4種に分類しそれぞれ定式化する。熱損失推定モデルは、エネルギー方程式を展開することで燃焼室形状や回転数の変化にも対応可能となる。両モデルを組み合わせることで、燃焼状態の予測精度の向上につながる。また、壁温・ガス温度推定法は、熱通過率を用いた新たな推定法を開発することで、サイクルごとの最適な点火時期を決定できるようになり、熱効率向上に大幅に寄与する。

本申請研究では、ガソリンエンジン内の残留ガス量を推定し、燃焼変動を低減することを主たる目的として、ガス流動モデル・熱損失推定モデルの構築および壁温・ガス温度推定法を開発する。本研究にて提案するガス流動モデルは、計算負荷を軽減するため、シリンダ内の流れ方向に基づき、スキッシュ領域と燃焼室領域の双方向流動による乱れ成分、スワール方向の流動による乱れ成分、軸方向の流動による乱れ成分、燃料噴霧による乱れ成分という4種の乱れ成分に分類し、それぞれを定式化する。また、熱損失推定モデルは、エネルギー方程式を展開して熱伝達率を推定できるように定式化する。これにより、従来の実験式では実現できなかった行程ごと、および燃焼室内を6領域に分割して、熱伝達率を変化させることが可能となる。これは、エネルギー方程式を展開した際にガス流動の乱れが変数として現れるため、シリンダ内の乱流エネルギー分布を考慮することで、空間位置ごとに熱伝達率を変化させられる。ただし、モデル化には、エネルギー方程式を展開した際に現れる温度境界層内の状態量を別途計算する必要がある。先行研究では、壁関数を適用し CFD にて境界層内を逐次解くことで解決したが、計算負荷が大きいという問題が残る。本申請研究では、温度境界層内をモデル化することで式を簡略化し、低計算負荷の熱伝達モデルを構築する。以上より、ガス流動モデルに関して、ガスの流動方向に基づいた4種の乱れ成分を定式化、熱伝達モデルに関して、エネルギー方程式から熱伝達率

の式を導出，境界層内のモデル化を行う。さらに，作成したモデルの妥当性検証として，PIV によるガス流動測定，熱流束測定および CFD による計算を行う。

また，壁温・ガス温度推定法に関しては，従来手法とは別に，冷却水温度を元に，熱通過率を用いて壁温・ガス温度を推定する手法を新たに構築する。熱通過率の高精度化には，先の熱損失推定モデルに加え，ポート部の熱伝達率および冷却水側の熱伝達率を定式化することが必要である。両熱伝達率は，円管内乱流熱伝達を基本とし，熱流束測定結果から実験値を元に定式化する。実用上は，ヌセルト数（熱伝達率の指標）とレイノルズ数（ポート内の空気流量の指標，または冷却水流量の指標）の関係で定式化することで，各流量から熱伝達率を推定できる。以上より，壁温・ガス温度推定に関しては，熱流束測定によりポート部および冷却水側の熱伝達率を求める式を実験的に導出，熱通過率を用いた壁温・ガス温度推定法を開発する。なお，図 1 に本申請研究にて構築するモデルの関係を図示する。

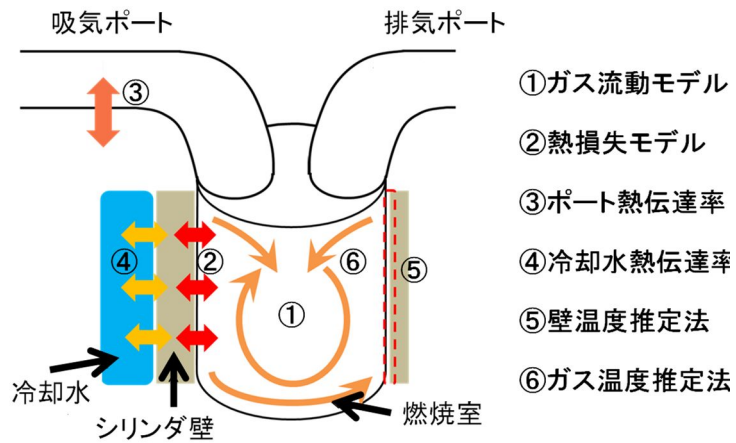


図 1. 本研究で構築する各種モデルの関係

### 3. 研究の方法

本申請研究では，残留ガス量を推定することを目的として，シリンダ内のガス流動モデル，熱損失推定モデルの構築，および壁温・ガス温度推定法を開発する。初年度は，ガス流動モデルの構築および PIV と CFD を併用したモデルの検証を行う。ガス流動モデルは，流動方向に基づいた 4 種の乱れ成分に分類し，各々モデル化する。二年目は，熱損失推定モデルの構築および熱流束測定によるモデルの検証を行う。本モデルは，エネルギー方程式を展開して構築するが，その際に現れる温度境界層内の状態量をモデルし，式を簡略化する点が本研究の独自性である。また，シリンダ内壁を 6 領域に分割し，各部位ごとにガス流動の乱れの影響因子を抽出し，4 種のガス流動モデルを組み合わせることで，空間位置ごとに壁面熱伝達率を変化させられる点もオリジナルな点である。三年目は，ポート熱伝達率および冷却水熱伝達率を定式化し，壁温・ガス温度推定法を開発する。四年目は，構築した各種モデルと温度推定法を，ECU でも計算可能な簡易計算モデルへ展開するとともに，過渡運転条件にも適用可能なモデルへ展開する。

ガス流動モデルの構築および CFD, PIV を用いたモデルの検証を行う。計算を簡略化するため，シリンダ内の流れ方向に基づき，スキッシュ領域と燃焼室領域の双方向流動による乱れ成分，スワール方向の流動による乱れ成分，軸方向の流動による乱れ成分，燃料噴霧による乱れ成分という 4 種の乱れ成分に分類し，それぞれ定式化する。はスキッシュ領域と燃焼室領域の質量保存則を解くことで各領域から吹き出す速度を評価し，乱れ成分を定式化する。は角運動量の保存則を解くことで，乱れ成分を定式化する。はピストン運動を基本とした軸方向速度のうち，乱れ成分の割合を実験的に導出する。は広安ら (1980) による確率密度関数を用いた噴霧モデルを適用する。ガス流動モデルの検証は，CFD による計算および PIV によるシリンダ内の速度分布測定により行う。CFD では，運転条件ごとの空間的な乱れ分布を評価する。乱流熱伝達の一般論から，小径渦よりも大径渦が圧倒的に熱伝達に影響を及ぼすことがわかっているため，大径渦の乱流エネルギーの評価が可能な Large Eddy Simulation (LES) を採用し，回転数などの運転条件と大径渦がもたらす乱流エネルギーとの相関関係を明らかにする。一方，PIV では，シリンダ内の乱れ成分のうち， $u$ ， $v$ ， $w$  に対して検証する。当該研究機関には，可視化単気筒エンジン（石英ガラス製のシリンダが設置）および PIV 装置が導入されているため，シリンダ内の流動測定は問題ない。ただし，ガス流動と相互関係を有する燃焼状態は，別途測定する必要があるため，燃焼解析システム（株式会社小野測器より購入予定）を購入予定である。最終的に，PIV による速度計測結果を元に評価した乱れ成分と，ガス流動モデルによる計算結果を比較検討する。両者に差異が見られる場合は，CFD の結果も鑑み，ガス流動モデルに補正係数を導入する。

ガス流動モデルの構築および CFD, PIV を用いたモデルの検証を行う。計算を簡略化するため，シリンダ内の流れ方向に基づき，スキッシュ領域と燃焼室領域の双方向流動による乱れ成分，スワール方向の流動による乱れ成分，軸方向の流動による乱れ成分，燃料噴霧による乱れ成分という 4 種の乱れ成分に分類し，それぞれ定式化する。はスキッシュ領域と燃焼室領域の質量保存則を解くことで各領域から吹き出す速度を評価し，乱れ成分を定式化する。は角運動量の保存則を解くことで，乱れ成分を定式化する。はピストン運動を基本とした軸方向速度の

うち、乱れ成分の割合を実験的に導出する。は広安ら(1980)による確率密度関数を用いた噴霧モデルを適用する。ガス流動モデルの検証は、CFDによる計算およびPIVによるシリンダ内の速度分布測定により行う。CFDでは、運転条件ごとの空間的な乱れ分布を評価する。乱流熱伝達の一般論から、小径渦よりも大径渦が圧倒的に熱伝達に影響を及ぼすことがわかっているため、大径渦の乱流エネルギーの評価が可能なLarge Eddy Simulation (LES)を採用し、回転数などの運転条件と大径渦がもたらす乱流エネルギーとの相関関係を明らかにする。一方、PIVでは、シリンダ内の乱れ成分のうち、 $u'$ ,  $v'$ ,  $w'$  に対して検証する。当該研究機関には、可視化単気筒エンジン(石英ガラス製のシリンダが設置)およびPIV装置が導入されているため、シリンダ内の流動測定は問題ない。ただし、ガス流動と相互関係を有する燃焼状態は、別途測定する必要があるため、燃焼解析システム(株式会社小野測器より購入予定)を購入予定である。最終的に、PIVによる速度計測結果を元に評価した乱れ成分と、ガス流動モデルによる計算結果を比較検討する。両者に差異が見られる場合は、CFDの結果も鑑み、ガス流動モデルに補正係数を導入する。

熱損失推定モデルの構築および熱流束測定によりモデルの検証を行う。熱損失推定モデルは、エネルギー方程式を基盤として構築する。エネルギー方程式の温度、速度、圧力、密度に対し、平均値と変動成分に分解することで、乱れ成分を考慮した方程式に展開する。この際、方程式を直接解いた場合、温度境界層内の状態量をCFDなどにより計算する必要がある。本申請研究では、温度境界層内に対して、以下のモデル化を行うことで式を簡略化し、CFDを必要としないモデルを構築する。温度と速度の乱れの変動成分に対して、壁と垂直方向にエンタルピと運動量が輸送されると仮定する。レイノルズ応力に対して運動量輸送理論を適用し、また流体塊が混合のために移動する距離はプラントルの仮定(混合距離理論)を適用する。温度境界層内の速度分布は、プラントルの仮定に基づき対数速度分布と仮定する。主流における渦の角運動量は保存されると仮定する。上記の仮定を用いると、エネルギー方程式はベッセルの微分方程式として点火礼されるため、解析解から熱伝達率を求める一般式が得られる。ここで、シリンダ内壁を6領域(スキッシュ領域上部のシリンダヘッド、燃焼室領域上部のシリンダヘッド、シリンダライナ、ピストン頂面、ピストン側壁、ピストン底面)に分割する。各部位の乱れの影響因子ごとにガス流動モデルを組み合わせる(例えば、ピストン底面はスキッシュ、スワール、噴霧の3種の乱れ要素、ピストン側壁はスワール、噴霧の2種の乱れ要素で構成されていると仮定)ことで、空間位置ごとの熱伝達率を変化させることが可能となる。熱損失推定モデルの検証は、燃焼室壁面の熱流束を実測することにより行う。各部位での熱流束を測定するため、単気筒エンジンのシリンダをアルミ製に変更し、熱流束センサーの設置およびデータ取得を行う。

燃焼室の壁温・ガス温度推定法の構築を目的として、ポート熱伝達率および冷却水熱伝達率の定式化およびその検証を行う。両モデルは、いずれも円管内乱流熱伝達として考え、ヌセルト数とレイノルズ数との関係を導出することで、流量から熱伝達率を求められるように定式化する。ただし、ポート部に関しては、温度境界層の発達と間欠流であることを考慮する必要があるため、レイノルズ数に加えてグレッツ数およびストローハル数を変数とした式として定式化する必要がある。ポート内および冷却水熱伝達モデルの検証は、熱損失推定モデルと同様の手法で、ポート部および冷却水周りに熱流束センサーの設置およびデータ取得を行う。熱伝達率の式の妥当性が確認されたのち、上記2式および熱損失推定モデルから導出された各部の熱伝達率を用いて、熱通過率を求めることで壁温・ガス温度推定法を構築する。

構築した熱損失推定モデルおよび壁温・ガス温度推定法を、ECUでも計算可能な簡易計算モデルへ展開するとともに、過渡運転条件に適用可能なモデルに展開する。簡易計算モデルへの展開方法は、時系列に変化するガス流動の乱れ、壁温、ガス温度に対し、行程ごとに特徴的な数時刻のみを計算することで予測可能なモデルに展開する。これにより、離散時刻での熱損失および温度推定となるため、実測値との比較により離散データの補完関数を検討し導入する。また、過渡運転と定常運転を比較すると、乱流エネルギーの散逸率が異なることが予想されることから、モデルの過渡運転への適用に関しては、散逸率に相当する乱れの減衰係数を導入することとする。減衰係数の同定には、単気筒エンジンでのPIVおよび熱流束測定結果より検討する。

#### 4. 研究成果

構築した熱損失推定モデルおよび壁温・ガス温度推定法を、ECUでも計算可能な簡易計算モデルへ展開し、過渡運転条件に適用可能なモデルとした。構築した熱損失モデルや熱伝達率の算出式は、エネルギー方程式や円管内乱流熱伝達を基本としており、検証はPIV(粒子画像流速測定法)やCFD(数値流体力学)など従来手法を積み重ねることにより行った。簡易計算モデルへの展開方法は、時系列に変化するガス流動の乱れ、壁温、ガス温度に対し、行程ごとに特徴的な数時刻のみを計算することで予測可能なモデルを構築した。これにより、離散時刻での熱損失および温度推定となるため、実測値との比較により離散データの補完関数を検討し導入した。また、過渡運転と定常運転を比較した場合、乱流エネルギーの散逸率が異なることが予想されることから、モデルの過渡運転への適用に関しては、散逸率に相当する乱れの減衰係数を導入した。減衰係数の同定には、単気筒エンジンでのPIVおよび熱流束測定結果を用いることにより行った。本申請研究により、乗用車用ガソリンエンジンのECU(電子制御装置)に搭載可能な、ガス流動モデル、熱損失推定モデル、壁温・ガス温度推定法を構築したことにより、サイクルご

とに残留ガス量および着火時期を予測し、最適な点火時期を決定できるという工学的側面に貢献することが可能となった。図2に提案するモデルを用いた場合（赤線）と実験式を用いた場合（青線）の1サイクルのシリンダ内熱発生率を示す。図2(a)は低負荷条件の場合を示しており、図2(b)は高負荷条件の場合を示している。図より、提案するモデルを用いてリアルタイムで算出された低負荷時の双峰型の熱発生率および高負荷時の単峰型の熱発生率は実験式を用いた場合とよく一致していることが分かる。次に、図3に過渡運転時の図示平均有効圧力（単位排気量当たりの仕事、エンジンの出力仕事と同等）の時間変化を示す。図より、提案するモデルで制御されたエンジン出力仕事は実験式を用いて制御された出力仕事とよく一致していることから、乗用車用ガソリンエンジンのECU（電子制御装置）に搭載可能なモデルであることが確認された。

また、提案するモデルはエネルギー方程式を基盤としているため、燃焼室形状や回転数の変化への適用のみならず、船舶や産業機器に使用される内燃機関においても、同様の式を用いて熱損失やガス温度推定が可能な点も特徴である。これまでの計算負荷は低いが精度も低い実験式、もしくは高精度予測は可能だが計算負荷が著しく大きいモデルと比較すると、両者の良いところを抽出した本申請研究の構築したモデルは、世界的に見ても報告例は皆無であり学術的意義も大きいと考えられる。

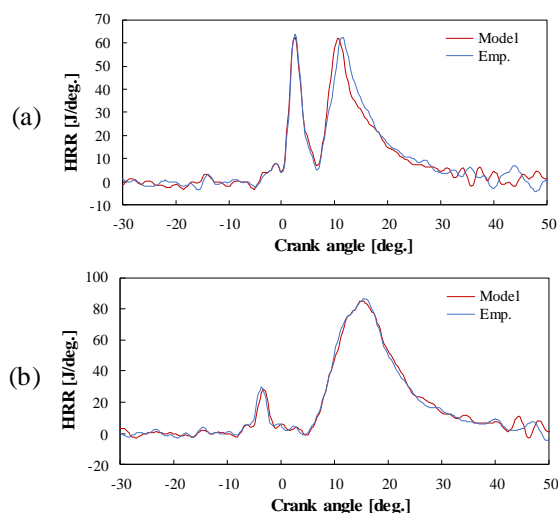


図2. 提案するモデルを用いた場合（赤線）と実験式を用いた場合（青線）のシリンダ内熱発生率 (a) 低負荷条件 (b) 高負荷条件

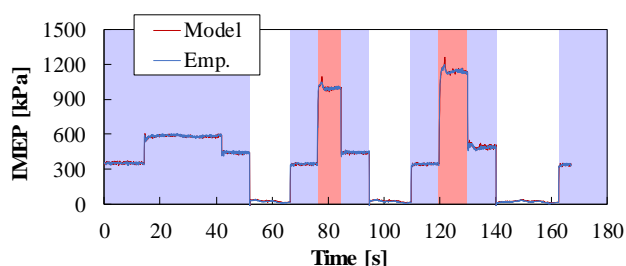


図3. 提案するモデルを用いた場合（赤線）と実験式を用いた場合（青線）の過渡運転時における図示平均有効圧力（エンジンの出力仕事と同等）の時間変化

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 一柳満久, 澤村悠司, 後藤大樹, 小島和樹, 松井大樹, チンコウウ, 鈴木隆	4. 巻 50- 503
2. 論文標題 ディーゼル機関におけるPIV測定によるオンボード用ガス流動モデルおよび壁面熱伝達モデルの検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 666-672
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.50.666	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Emir Yilmaz, Haoyu Chen, Hiroki Matsui, Mitsuhsa Ichyanagi, Takashi Suzuki	4. 巻 10-2
2. 論文標題 Validation of In-cylinder Heat Flux Estimation Model by Measuring Wall Temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Automotive Engineering	6. 最初と最後の頁 226-232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20485/jsaeijae.10.2_226	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 チンコウウ, 鈴木隆, 生駒航, リュウシエン, 松井大樹, イルマズエミール, 一柳満久	4. 巻 50- 4
2. 論文標題 ディーゼル機関における筒内壁温度計測によるオンボード用壁面熱伝達モデルの検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 1018-1023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.50.1018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 チンコウウ, 鈴木隆, 生駒航, リュウシエン, 浅野晃輝, 大坪弘宣, 一柳満久	4. 巻 50- 5
2. 論文標題 ディーゼル機関における筒内局所熱流束計測によるオンボード用圧縮ポルトロープ指数予測モデルの検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 1249-1254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.50.1249	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Emir Yilmaz, Mitsuhsa Ichianagi, Takashi Suzuki	4. 巻 20-5
2. 論文標題 Development of Heat Transfer Model at Intake System of IC Engine with Consideration of Backflow Gas Effect	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Springer	6. 最初と最後の頁 1065-1071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12239-019-0100-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mitsuhsa Ichianagi, Zhiyuan Liu, Haoyu Chen, Koki Asano, Koki Otsubo, Emir Yilmaz, Takashi Suzuki	4. 巻 2019-32-0543
2. 論文標題 Evaluation of On-board Heat Loss Prediction Model and Polytrropic Index Prediction Model for CI Engines Using Measurement of Combustion Chamber Wall Heat Flux	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SAE Technical Papers	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4271/2019-32-0543	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 一柳満久, 大坪弘宜, 定地隼生, 進藤良太, 高橋幹, 山崎由大, 金子成彦, 鈴木隆	4. 巻 50- 6
2. 論文標題 ディーゼル機関におけるオンボード用圧縮ポリトロップ指数予測モデルを実装したモデルベースト制御器の定常運転性能評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 1508-1514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.50.1508	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mitsuhsa Ichianagi, Gerard Ndizeye, Yuji Sawamura, Reina Saito, Kotaro Takahashi, Koki Otsubo, Haoyu Chen, Suzuki Takashi	4. 巻 2019-32-0542
2. 論文標題 Improvement of On-board In-cylinder Gas Flow Model and Wall Heat Transfer Prediction Model for CI Engines Using CFD Analysis and PIV Measurements under Motoring and Firing Conditions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SAE Technical Papers	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4271/2019-32-0542	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 一柳満久, 斉藤伶奈, 後藤大樹, 澤村悠司, インディセイエジェラード, チンコウウ, リュウシエン, 高橋 昂太郎, 鈴木隆	4. 巻 51-1
2. 論文標題 ディーゼル機関におけるPIV測定を用いた筒内ガス流動の評価およびオンボード用壁面熱伝達モデルの改良	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 19-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.51.19	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 一柳満久, 進藤良太, 大坪弘宜, 金智勲, 山崎由大, 金子成彦, イルマズ エミール, 鈴木隆	4. 巻 51-1号
2. 論文標題 ディーゼル機関におけるオンボード用圧縮ポリトロープ指数予測モデルを実装したモデルベースト制御器 の過渡運転性能評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 60-65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.51.60	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 一柳満久, 進藤良太, 大坪弘宜, 鈴木隆	4. 巻 51-1号
2. 論文標題 ディーゼル機関における熱発生率の重心を考慮した図示平均有効圧力の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 53-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.51.53	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mitsuhsa Ichianagi, Kazuki Kojima, Hayao Joji, Hiroki Matsui, Takashi Suzuki	4. 巻 3-2
2. 論文標題 Development of On-Board In-Cylinder Gas Flow Model for Heat Loss Estimation of Diesel Engines	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Industrial Research and Applied Engineering	6. 最初と最後の頁 69-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9744/jirae.3.2.69-78	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -



1. 著者名 Mitsuhisa Ichianagi, Hayao Joji, Hiroki Matsui, Emir Yilmaz, Takashi Suzuki	4. 巻 3-2
2. 論文標題 Development of On-board Polytropic Index Prediction Model for Injection Timing Optimization of Diesel Engines	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Industrial Research and Applied Engineering	6. 最初と最後の頁 61-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9744/jirae.3.2.61-68	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Emir Yilmaz, Mitsuhisa Ichianagi, Edyta Dzieminska, Takashi Suzuki	4. 巻 9-4
2. 論文標題 Modeling of Quasi-Steady State Heat Transfer at Intake Port of Real IC Engine and its Application to 1-D Engine Simulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Automotive Engineering	6. 最初と最後の頁 338-345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20485/jsaeijae.9.4_338	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Emir Yilmaz, Mitsuhisa Ichianagi, Takashi Suzuki	4. 巻 2018-32-0029
2. 論文標題 Modeling of Quasi-Steady State Heat Transfer Phenomena with the Consideration of Backflow Gas Effect at Intake Manifold of IC Engines and its Numerical Analyses on 1-D Engine Simulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SAE Technical Papers	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4271/2018-32-0029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 一柳満久, 定地隼生, 松井大樹, イルマズエミール, 鈴木隆	4. 巻 49-5
2. 論文標題 ディーゼル機関におけるオンボード用圧縮ポリトロプ指数予測モデルの過渡運転条件への適用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 938-943
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.49.938	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 一柳満久, 高良章吾, 禹駿夏, 松井大樹, 田城賢一, 鈴木隆	4. 巻 49-2
2. 論文標題 ディーゼル機関におけるオンボード用壁温推定のための筒内ガス流動モデルの開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 162-167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) jsaeronbun.49.168	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 一柳満久, 松井大樹, 禹駿夏, 木村俊之, 鈴木隆	4. 巻 49-2
2. 論文標題 ディーゼル機関におけるオンボード用圧縮ポリトロップ指数予測モデルの開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 168-174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) jsaeronbun.49.168	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Suzuki, Mitsuhsa Ichianagi	4. 巻 2757
2. 論文標題 Robust Control Design for Air-Fuel Ratio Fluctuation of Gasoline Engine (1st Report: Development of Feed-Forward Controller with Heat Transfer Model at Intake)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society for Design Engineering	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) jjsde.2017.2757	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Suzuki, Mitsuhsa Ichianagi	4. 巻 2758
2. 論文標題 Robust Control Design for Air-Fuel Ratio Fluctuation of Gasoline Engine (2nd Report: Application of Feed-Forward Controller with Heat Transfer Model at Intake to Multiple Cylinder Engine)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society for Design Engineering	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) jjsde.2017.2758	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Emir Yilmaz, Hayao Joji, Mitsuhisa Ichianagi, Takashi Suzuki	4. 巻 2017-32-0097
2. 論文標題 Modeling of Unsteady Heat Transfer Phenomena at the Intake Manifold of Diesel Engine and Its Application to 1-D Engine Simulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SAE Technical Papers	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4271/2017-32-0097	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Emir YILMAZ, Mitsuhisa ICHIYANAGI, Takashi SUZUKI	4. 巻 -
2. 論文標題 MODELLING OF UNSTEADY HEAT TRANSFER PHENOMENA AT INTAKE SYSTEM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of the 4th International Forum on Heat Transfer, IFHT2016	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) IFHT2016-1855	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mitsuhisa Ichianagi, Toshiyuki Kimura, Takashi Suzuki	4. 巻 -
2. 論文標題 DEVELOPMENT OF ENGINE CONTROL SYSTEM FOR AIR-TO-FUEL RATIO USING HEAT TRANSFER MODEL AT INTAKE SYSTEM	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of the 4th International Forum on Heat Transfer, IFHT2016	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) IFHT2016-1853	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mitsuhisa Ichianagi, Shogo Takara, Takashi Suzuki	4. 巻 -
2. 論文標題 REDUCTION METHOD OF COMBUSTION FLUCTUATION USING ESTIMATION TECHNIQUE OF MAXIMUM IN-CYLINDER PRESSURE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of the 4th International Forum on Heat Transfer, IFHT2016	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) IFHT2016-1854	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 一柳 満久, 鈴木 隆	4. 巻 -
2. 論文標題 内燃機関の吸入空気流量推定のための吸気系非定常伝熱現象のモデリング	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society for Design Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) jjsde.2016.2711	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 大坪 弘宜, 定地 隼生, 進藤 良太, 高橋 幹, 山崎 由大, 金子 成彦, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関におけるオンボード用圧縮ポリトロプ指数予測モデルを実装したモデルベース制御器の定常運転性能評価
3. 学会等名 公益社団法人 自動車技術会 2019年春季大会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 斉藤 伶奈, 後藤 大樹, 澤村 悠司, Gerard Ndizeye, Hayou Chen, Zhiyuan Liu, 高橋 昂太郎, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関におけるPIV測定を用いた筒内ガス流動の評価およびオンボード用壁面熱伝達モデルの改良
3. 学会等名 公益社団法人 自動車技術会 2019年春季大会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Haoyu Chen, 生駒 航, Zhiyuan Liu, 浅野 晃輝, 大坪 弘宜, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関における筒内局所熱流束計測によるオンボード用圧縮ポリトロプ指数予測モデルの検証
3. 学会等名 公益社団法人 自動車技術会 2019年秋季大会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 進藤 良太, 大坪 弘宜, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関における熱発生率の重心を考慮した図示平均有効圧力の評価
3. 学会等名 公益社団法人 自動車技術会 2019年秋季大会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 進藤 良太, 大坪 弘宜, 金 智勲, 山崎 由大, 金子 成彦, Emir Yilmaz, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関におけるオンボード用圧縮ポリトロープ指数予測モデルを実装したモデルベース制御器の過渡運転性能評価
3. 学会等名 公益社団法人 自動車技術会 2019年秋季大会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsuhsa Ichianagi, Gerard Ndizeye, Yuji Sawamura, Reina Saito, Kotaro Takahashi, Koki Otsubo, Haoyu Chen, Suzuki Takashi
2. 発表標題 Improvement of On-board In-cylinder Gas Flow Model and Wall Heat Transfer Prediction Model for CI Engines Using CFD Analysis and PIV Measurements under Motoring and Firing Conditions
3. 学会等名 The 25th Small Engine Technology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsuhsa Ichianagi, Zhiyuan Liu, Haoyu Chen, Koki Asano, Koki Otsubo, Emir Yilmaz, Takashi Suzuki
2. 発表標題 Evaluation of On-board Heat Loss Prediction Model and Polytrropic Index Prediction Model for CI Engines Using Measurements of Combustion Chamber Wall Heat Flux
3. 学会等名 The 25th Small Engine Technology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "Emir Yilmaz, Mitsuhsa Ichiyanagi, Takashi Suzuki
2. 発表標題 Improvement of Quasi-Steady State Heat Transfer Model at Intake Manifold Using 1-D Engine Simulation
3. 学会等名 The 2nd Pacific Rim Thermal Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Emir Yilmaz, Mitsuhsa Ichiyanagi, Takashi Suzuki
2. 発表標題 Modeling of Quasi-Steady State Heat Transfer Phenomena with the Consideration of Backflow Gas Effect at Intake Manifold of IC Engines and its Numerical Analyses on 1-D Engine Simulation
3. 学会等名 The 24th Small Engine Technology Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Emir Yilmaz , Haoyu Chen, Hiroki Matsui, Mitsuhsa Ichiyanagi , Takashi Suzuki
2. 発表標題 Validation of In-cylinder Heat Flux Estimation Model by Measuring Wall Temperature
3. 学会等名 2018 JSAE Annual Congress (Autumn) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 チン コウウ, 生駒 航, リュウ シエン, イルマズ エミール, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関における熱流束計測による冷却損失およびポリトロップ指数の評価
3. 学会等名 2018熱工コンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤 大樹, 澤村 悠司, ンディゼイエ ジェラード, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関におけるPIV測定による筒内スワール流の評価
3. 学会等名 2018熱工コンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Haoyu Chen, 生駒 航, Zhiyuan Liu, 松井 大樹, Emir Yilmaz, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関における筒内壁温度計測によるオンボード用壁面熱伝達モデルの検証
3. 学会等名 公益社団法人 自動車技術会 2018年秋季大会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤村 悠司, 後藤 大樹, 小島 和樹, 松井 大樹, Haoyu Chen, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関におけるPIV測定によるオンボード用ガス流動モデルおよび壁面熱伝達モデルの検証
3. 学会等名 公益社団法人 自動車技術会 2018年秋季大会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mitsuhsa Ichianagi, Hayao Joji, Hiroki Matsui, Emir Yilmaz, Takashi Suzuki
2. 発表標題 Development of On-Board Polytropic Index Prediction Model for Injection Timing Optimization of Diesel Engines
3. 学会等名 The First Annual International Conference on Automotive, Manufacturing, and Mechanical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mitsuhisa Ichiyangi, Kazuki Kojima, Hayao Joji, Hiroki Matsui, Takashi Suzuki
2. 発表標題 Development of On-Board In-Cylinder Gas Flow Model for Heat Loss Estimation of Diesel Engines
3. 学会等名 The First Annual International Conference on Automotive, Manufacturing, and Mechanical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Emir Yilmaz, Mitsuhisa Ichiyangi, Takashi Suzuki
2. 発表標題 Improvement of Unsteady Heat Transfer Modeling at Intake System of Actual IC Engine for Prediction of Outlet Air Temperature
3. 学会等名 第55回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 一柳 満久, 定地 隼生, 松井 大樹, イルマズ エミール, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関におけるオンボード用圧縮ポリトロープ指数予測モデルの過渡運転条件への適用
3. 学会等名 公益社団法人 自動車技術会 2018年春季大会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Emir Yilmaz, Mitsuhisa Ichiyangi, Edyta Dzieminska, Takashi Suzuki
2. 発表標題 Modeling of Quasi-Steady State Heat Transfer at Intake Manifold of Real IC Engine and its Application to 1-D Engine Simulation
3. 学会等名 2018 JSAE Annual Congress (Spring) (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Hayao Joji, Hiroki Matsu, Emir Yilmaz, Mitsuhisa Ichianagi, Takashi Suzuki
2. 発表標題 Application of On-Board Polytropic Index Prediction Model for Compression Stroke of Diesel Engine to Transient Driving Conditions
3. 学会等名 2018 JSAE Annual Congress (Spring) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井 大樹, 禹 駿夏, 木村 俊之, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関におけるオンボード用ポリトロプ指数予測モデルの開発
3. 学会等名 2017自動車技術会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田城 賢一, 高良 章吾, 禹 駿夏, 松井 大樹, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関におけるオンボード用壁温推定のための筒内ガス流動モデルの開発
3. 学会等名 2017自動車技術会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 イルマズ エミール, 定地 隼生, 一柳 満久, 鈴木 隆
2. 発表標題 内燃機関の吸気管における非定常熱伝達モデルの1Dシミュレーションへの実装
3. 学会等名 2017自動車技術会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 イルマズ エミール、定地 隼生、一柳 満久、鈴木 隆
2. 発表標題 吸入新気温度推定のための実機エンジン吸気管における非定常熱伝達現象の実験的研究
3. 学会等名 2017自動車技術会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Emir Yilmaz, Hayao Joji, Mitsuhisa Ichiyangi, Takashi Suzuki
2. 発表標題 Modeling of Unsteady Heat Transfer Phenomena at the Intake Manifold of a Diesel Engine and its Application to 1-D Engine Simulation
3. 学会等名 The 23rd Small Engine Technology Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Emir YILMAZ, Mitsuhisa ICHIYANAGI, Takashi SUZUKI
2. 発表標題 MODELLING OF UNSTEADY HEAT TRANSFER PHENOMENA AT INTAKE SYSTEM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE
3. 学会等名 4th International Forum on Heat Transfer, IFHT2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Mitsuhisa Ichiyangi, Toshiyuki Kimura, Takashi Suzuki
2. 発表標題 DEVELOPMENT OF ENGINE CONTROL SYSTEM FOR AIR-TO-FUEL RATIO USING HEAT TRANSFER MODEL AT INTAKE SYSTEM
3. 学会等名 4th International Forum on Heat Transfer, IFHT2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Mitsuhsa Ichiyangi, Shogo Takara, Takashi Suzuki
2. 発表標題 REDUCTION METHOD OF COMBUSTION FLUCTUATION USING ESTIMATION TECHNIQUE OF MAXIMUM IN-CYLINDER PRESSURE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE
3. 学会等名 4th International Forum on Heat Transfer, IFHT2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 イルマズ エミール、定地 隼生、一柳 満久、鈴木 隆
2. 発表標題 内燃機関の吸気管における非定常熱伝達モデルの1Dシミュレーションへの実装
3. 学会等名 公益社団法人自動車技術会 2017年春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田城 賢一、高良 章吾、禹 駿夏、松井 大樹、一柳 満久、鈴木 隆
2. 発表標題 ディーゼル機関におけるオンボード用壁温推定のための筒内ガス流動モデルの開発
3. 学会等名 公益社団法人自動車技術会 2017年春季大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<http://rscdb.cc.sophia.ac.jp/Profiles/56/0005545/profile.html>

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	一柳 満久  (Ichianagi Mituhisa)  (00584252)	上智大学・理工学部・准教授     (32621)	