

# 制御チーム 上智大学理工学部

一柳満久, 松井大樹, 小島和樹, 鈴木隆

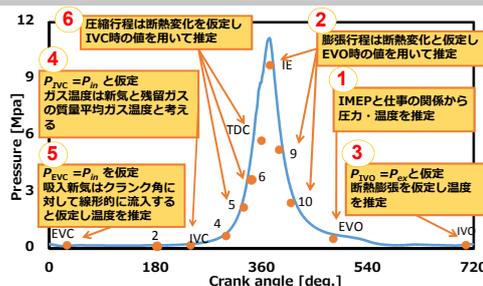
制御  
グループ

「エンジンのモデルベース制御用の  
壁面熱伝達モデルの構築」

## 研究概要 目的

- 熱効率50%に貢献するモデリングと制御技術および低計算負荷の冷損モデルを構築
- 0D冷損モデルを用いた定常運転時の熱効率向上
- 離散化冷損モデルを用いた過渡運転時の熱効率向上

## 研究成果



### 1. モデルの構築

#### ◆ 燃焼室における壁面熱流束推定式

- 基礎方程式にエネルギー方程式および連続の式を使用
- 4種のカス流動を用いて筒内を6領域に分割

$$Q_{WC-\theta} = \sum_{i=1}^6 \left[ \frac{C_{\lambda} \kappa}{T_0^{k-1}} P T_{g,i} \left( \frac{1}{\sqrt{\pi r}} \frac{T_{w,i}}{T_g} \frac{1}{\sqrt{r}} \right) + \frac{\psi}{4} c_p \frac{P}{T_0} (T_{g,i} - T_{w,i}) \right] \quad (1)$$

筒内ガス流動 筒内壁温度

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho c_p \vec{u} \cdot \nabla T - \frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda + \rho c_p \vec{u} \cdot \nabla T \right) \quad (2)$$

温度勾配による熱流束 ガス流動による熱流束

- 本モデルの特徴
- 1. 混合距離は Prandtlの仮定を適用
- 2. 温度境界層外の緩やかな速度分布は境界層内の熱輸送に大きな影響なし
- 3. 境界層内では対数速度分布
- 4. 主流における渦の角運動量は保存

#### ◆ 筒内ガス流動モデル

##### ➢ ガス流動のモデル化

- 4種類のガス流動を組み合わせて壁面に水平方向の流速を算出

$$u_1 = \sqrt{(u_{sq1}/2)^2 + u_{\theta,1}^2} \quad (3)$$

$$u_2 = \sqrt{(u_{axial} + u_{sq2} + u_{sq})^2 + u_{\theta,2}^2} \quad (4)$$

$$u_3 = \sqrt{u_{sq}^2 + u_{\theta,3}^2} \quad (5)$$

$$u_4 = \sqrt{(u_{axial})^2 + u_{\theta,4}^2} \quad (6)$$

$$u_5 = \sqrt{(u_{sq1}/2)^2 + u_{\theta,5}^2} \quad (7)$$

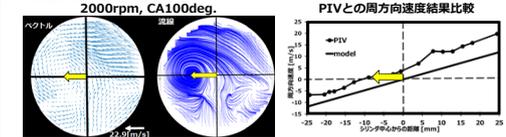
$$u_6 = \sqrt{(u_{sq1}/2)^2 + u_{\theta,6}^2} \quad (8)$$

- 各領域での壁面に水平方向の流速と垂直方向の乱れ強さの割合  $c_i$  をCFDより算出

$$\hat{u}_i = c_i u_i$$



#### ➢ 実機実験による検証

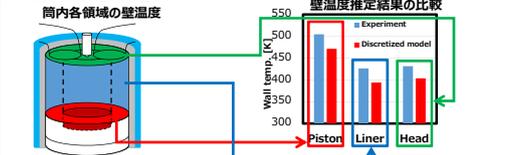


#### ◆ 筒内壁温度推定モデル

$$T_{w,i} = T_{coolant} + \frac{1}{AK} \sum_{cycle} dQ_{w,wall} \quad (10)$$

$$T_{w,i} = \left( \frac{Q_{w,cycle}}{A} \right) + T_{coolant} K_{coolant} + T_{oil} K_{oil} \quad (11)$$

#### ➢ 実測による検証



#### ◆ 冷却損失推定モデル

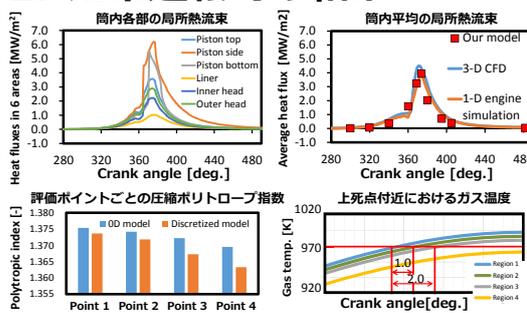
##### ➢ ポリトロップ指数推定式

$$Q_{WC-\theta} = \int_{EVC}^{TDC} K-n p dV = \frac{K-n}{K-1} \frac{P_{TDC} V_{TDC}}{K-1} (1-\epsilon^{-\theta}) \quad (12)$$



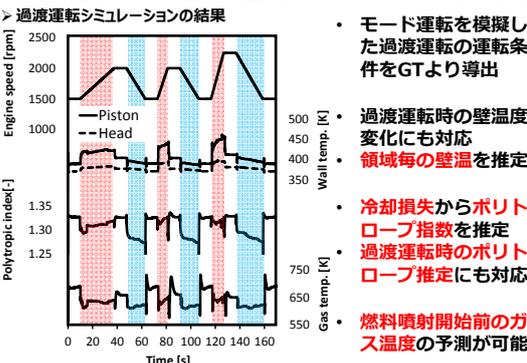
- ガス流動, 壁温度を推定 ⇒ 筒内6領域の冷却損失, ポリトロップ指数の推定
- ポリトロップ指数を推定 ⇒ 筒内のガス温度を推定, 噴射時間の予測精度向上

### 2. 定常運転時の結果



### 3. 過渡運転時の結果

#### ◆ 壁温度・筒内ガス温度のリアルタイム推定



## 予定, 将来展望

2017	2018	2019	2020
制御システム, 制御システム評価	新燃焼の評価	リアルタイム壁温推定モデルを活用したインテリジェント冷損コントロール	
各モデル改良, 熱流束, PIV計測	UniDES 2・GT-Powerへのモデル実装	壁温測定および壁温制御システムの構築	実機検証
	オイルダイリューションモデル構築のための可視化計測	V2X・IoTとAIによる走行モード判定	熱効率向上

## 課題

- EGR導入:ピストンリング摩耗の問題より燃焼時間が限られ, EGRガス生成が不十分 ⇒ 吸気ガスにCO<sub>2</sub>を混入させることで生成した模擬EGRガスを導入予定
- モデル検証:熱流束測定においてノイズが想定以上 ⇒ ノイズの発生源の特定及び対策 ⇒ 2017年度の第三, 第四四半期を目標に検証実験を行う予定

