

制御チーム 上智大学理工学部

一柳満久, 定地隼生, 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」

最終目標

- 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

実施課題

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

$$Q_{WC=0} = \sum_{k=1}^6 \left[\frac{C_{2,k}}{P_0} \frac{K}{k-1} P T_g \left\{ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{T_{w,d}}{T_g} \frac{1}{\sqrt{r}} \right\} + \frac{\psi}{4} \frac{P}{P_0} \left(T_g - T_w \right) \right] \quad (1)$$

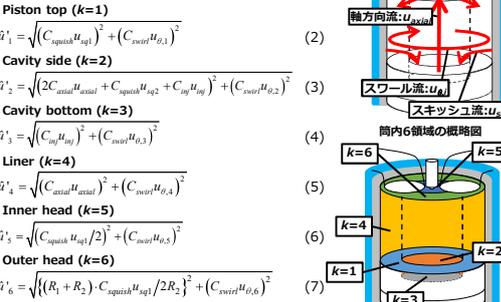
温度勾配による熱流束 ガス流動による熱流束

エネルギー方程式を解析的に解けるようにモデル化 ⇒ 計算負荷低減

◆ 筒内ガス流動モデル

◆ ガス流動のモデル化

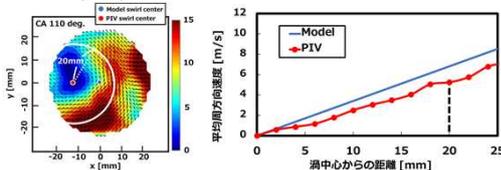
4種のカテゴリを用いた筒内6領域における乱れ強さを算出



流動毎にガス流動の主流速度と変動速度との比である乱れ強さ係数 C_{α} をCFDより算出

$$C_{\alpha} = u_{\alpha}' / u_{\alpha} \quad (8)$$

実機実験による検証



モデルによるキャビティ内の周方向速度 ⇒ 実測値と概ね一致したが渦中心に差

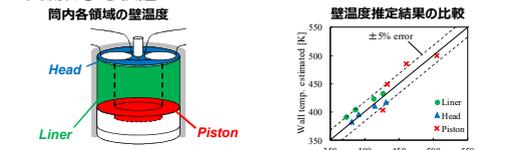
◆ 筒内壁温度推定モデル

$k=1, 2, 4, 5, 6$ のとき

$$T_{w,k} = T_{coolant} + \frac{1}{AK} \sum_{i=1}^n dQ_{w,wall} \quad (9)$$

$$T_{w,k} = \left(\frac{\dot{Q}_{w,cycle}}{A} \right) + T_{coolant} K_{coolant} + T_{oil} K_{oil} \quad (10)$$

実測による検証



冷却水温度を基に熱通過を計算 ⇒ 壁温度を推定 (1D, 3D数値計算では構造連成が必要)
モデルで推定した壁温度の誤差 ⇒ 実測値を基準として3.4%

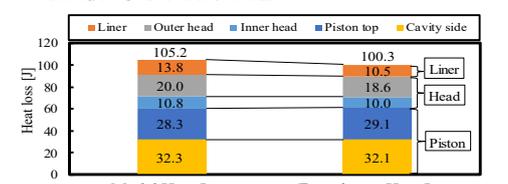
◆ 冷却損失推定モデル

◆ ポリトロップ指数推定式

$$Q_{WC=0} = \int_{IVC}^{EVO} P dV = \frac{K-n}{K-1} \frac{P_{IVC} V_{IVC}}{n-1} (1-\delta^n) \quad (11)$$



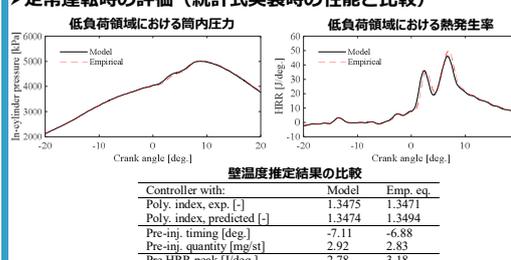
実機実験による冷却損失検証



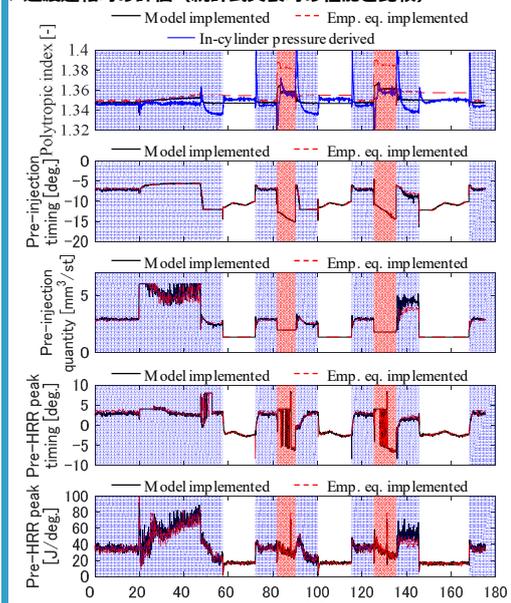
ガス流動, 壁温度を推定 ⇒ 筒内6領域の冷却損失, ポリトロップ指数の推定
ポリトロップ指数を推定 ⇒ 筒内のガス温度を推定, 噴射時期の予測精度向上

◆ FF燃焼制御器に実装し, 実機実験評価

定常運転時の評価 (統計式実装時の性能と比較)



過渡運転時の評価 (統計式実装時の性能と比較)



達成内容

- オンボード用離散化冷損モデルの構築
- FF制御器へ実装し, 定常運転および過渡運転 (AICE 評価走行モード) におけるモデルの性能評価

SIP後の展開, 発展性



2019	2020	2021	2022
核沸騰熱伝達モデルの構築と壁温度推定モデルの改良 (AICE)	代表形状水路核沸騰熱伝達モデルの構築 (AICE)	リアルタイム壁温度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	壁温制御システムの構築 実機検証
平板核沸騰熱伝達モデルの構築 (AICE)		V2X・IoTとAIによる走行モード判定	熱効率向上