

# ガソリン燃焼チーム モデル班

千葉大学大学院工学研究院 森吉泰生, 窪山達也, 金子誠

サブモデル開発には、ガソリンチームと損失低減チームが参加

## 目的

- 各要素技術が熱効率に与える影響をシミュレーションにより見積もり技術仕様を明確化する
- 過給機効率改善（およびエンジンのフリクション低減）によるエンジン熱効率向上への貢献目標
- 熱効率50%達成のための燃焼にかかわる要素技術の貢献目標

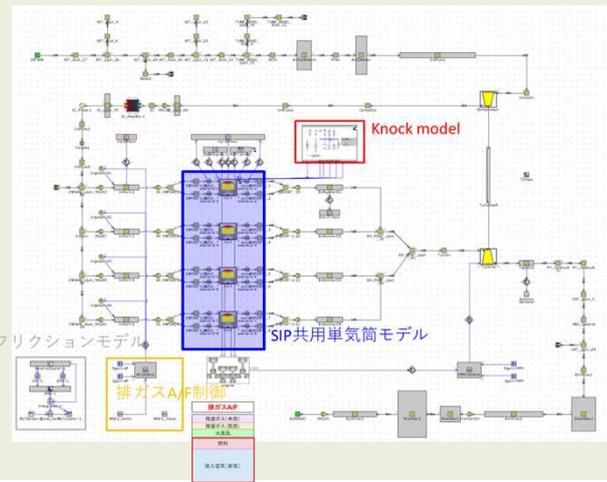
## 研究方法

- 1Dシミュレーションモデルの構築  
吸気、圧縮行程の圧力履歴および吸入空気量の予測、燃焼モデルのモデル定数の同定を行いTPAベースの単気筒エンジンモデルの構築
- 各要素技術の検証  
SIP共用単気筒モデルを量産4気筒モデルに統合したSIP4気筒モデルを構築。構築したモデルを用いて、過給機効率改善、ロングストローク化、高圧縮比化などが熱効率に及ぼす影響を検証する。

## 主な成果

### ◇ 1D統合モデルの構築

各担当大学で開発・検証された1Dのサブモデル（着火:中谷, 火炎伝播:山口, 冷却損失:窪山, ノック:桑原, 損失低減班のターボ・熱電素子・摩擦損失）を組み合わせ、SIP単気筒エンジンをベースに仮想的に4気筒ターボエンジンを想定し、その正味効率を高精度に予測できる1Dモデルを開発した。

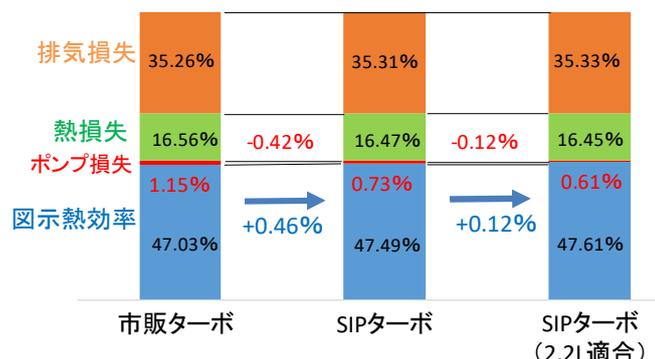
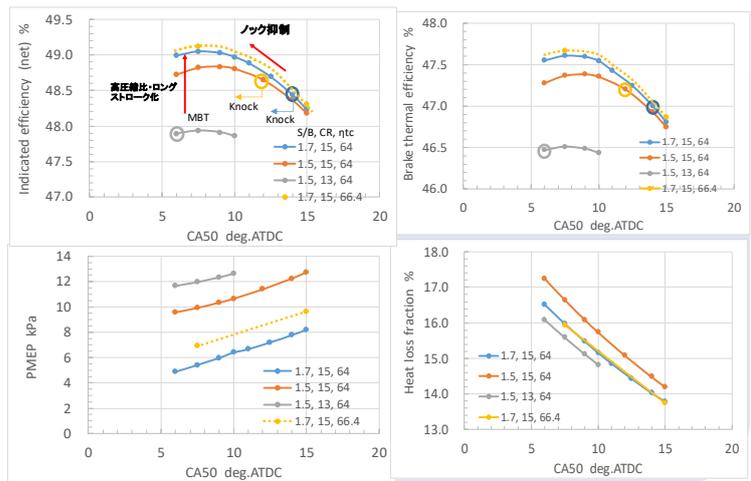


### ◇ 熱効率影響因子の効果検証

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Engine speed	rpm	2000	←	←	←
IMEP net	kPa	1000	←	←	←
$\lambda$	--	2	←	←	←
S/B	--	1.5	←	1.7	←
(Bore)	mm	75	←	←	←
(Stroke)	mm	112.5	←	122.4	←
CR	--	13	15	←	←
CA50	deg.ATDC	Sweep (Knock limit ~ 15)	←	←	←
$\eta_{TC}$	%	64	←	←	66.4
( $\eta_T$ )	%	80	←	←	81.5
( $\eta_C$ )	%	80	←	←	81.5
Comb. Duration(CA10-90)	deg. CA	23.7	←	←	←

### ◇ 過給機総合効率の向上によるポンプ損失低減・熱効率向上効果の試算

IMEP (MPa)	Engine Speed (rpm)	$\lambda$ (-)	EGR (%)	CA50 (deg.ATDC)
1.0	1800, 2000, 2400	1.5, 2.0, 2.5	0.0	8.3

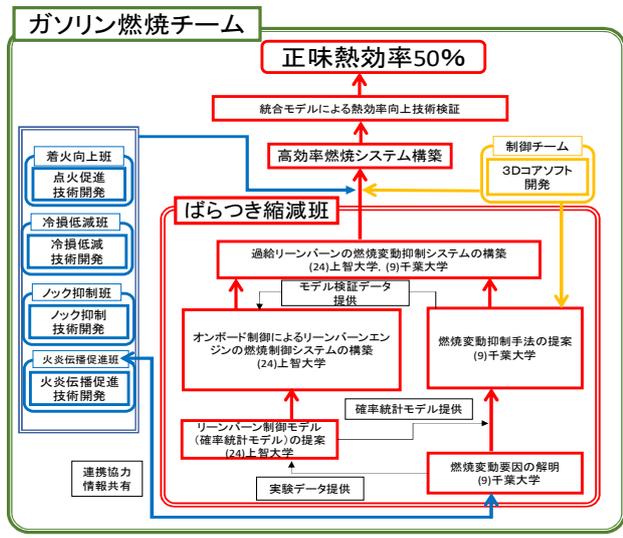


# ガソリン燃焼チーム ばらつき縮減班

森吉泰生, 窪山達也, 金子誠(千葉大学) 申鉄龍(上智大学)

## 目的

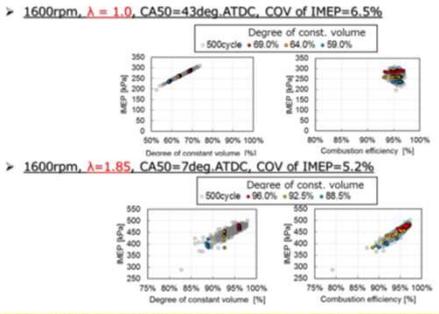
1. リーンバーンにおける燃焼のサイクル変動の要因を解明し、その対策を実施することでリーン限界の拡大・熱効率の向上を実現すること
2. リーンバーン燃焼領域における確率性に着目  
⇒確率統計学的知見と動的システム論を統合し、新たな制御手法の提案  
開発したオンボード制御アルゴリズムをテストベンチにて実験  
⇒リアルタイム制御の有効性とフィジビリティスタディを実験により検証



## 主な成果

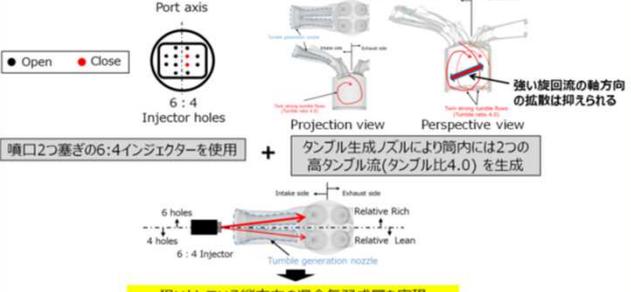
### ■ サイクル変動要因は膨張行程初期の消炎

#### ロサイクル変動の要因



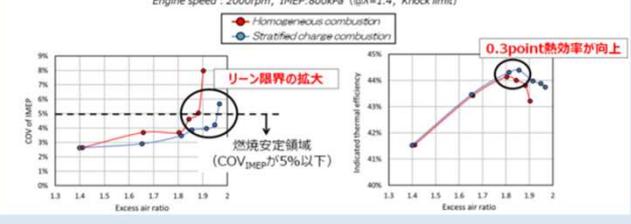
ストイキ燃焼：IMEPの変動は主に等容度の変動によって生じ、燃焼効率の変動は影響が無い。  
リーンバーン：IMEPの変動は、等容度の変動だけでなく燃焼効率の変動によって生じる。

#### ロ縦方向混合気弱成層の実現方法

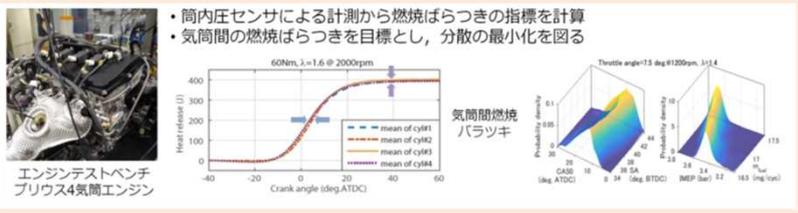


狙いとしている縦方向の混合気弱成層を実現

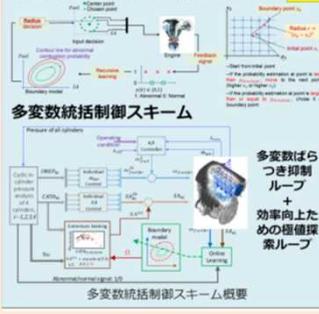
#### ロリーン限界・熱効率



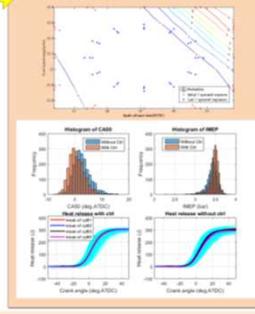
### ■ 制御アルゴリズム提案と実験的検証



#### オンボード境界領域判別手法



#### 実験検証結果

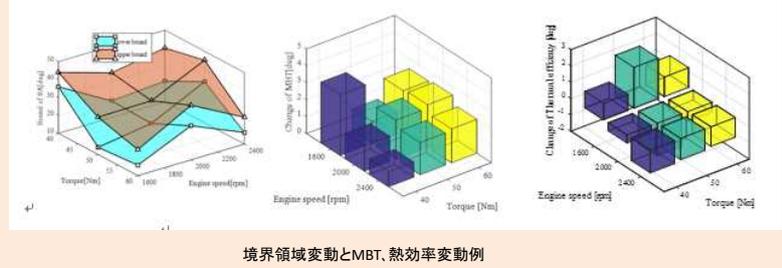


#### 実験まとめ

- ・リアルタイム境界領域判別効果
- ・IMEPの確率分布  
青：制御なし/オレンジ：制御あり  
⇒制御によって分散を小さくできた。
- ・ばらつき指標の定量的評価  
制御前後のばらつき指標の比を評価。  
$$r_{COV} = \frac{COV_{IMEP,c}}{COV_{IMEP,p}}$$

Overall	$r_{COV}$	$\Delta TE$
	0.725	0.12%

⇒リアルタイム実行可能なばらつき低減の要素技術



境界領域変動とMBT, 熱効率変動例

## まとめ

1. スーパーリーンバーンでのサイクル変動の原因を解明し、その対策を提案、実証した。
2. ノック確率を閾値とした境界識別と学習によって最大効率を実現する最適化制御手法を世界で初めて提案し、4気筒量産エンジンで実証した。