# ソフトウェア / モデル紹介

•••••••••••••••••••••••••••••

## HINOCA

### ≫ 構成

		Α および Β		C. モデル / 実験式・検証データ			
	内容 1	内容 2	機関·代表者	内容	機関·代表者		
A. プラットフォーム	流動・壁面		JAXA・溝渕	エンジン検証	慶應大·飯田		
		壁面熱流束	広大·尾形				
				壁面近傍挙動と冷損 (エンジン / 理論 /DNS)	東工大・店橋		
				伝熱制御法(µ VG 対応)	農工大·岩本		
				壁面近傍挙動 (エンジン )	慶應大·飯田		
	冷損			壁面熱流束計測 ( エンジン /RCEM)	明治大·中別府		
				乱流 / 乱流熱伝達モデル ( 速度・温度 AWF)	阪府大·須賀		
				乱流 / 乱流熱伝達モデル (Abe モデル )	九大·安倍		
				SGS 応力モデル /IB	慶應大·深潟		
				乱流 / 乱流熱伝達モデル (MTS モデル )	名工大・服部		
				乱流 / 乱流熱伝達 (μ VG 対応熱伝達 /IB)	農工大·岩本		
		分裂~壁面衝突	海技研・高木	噴霧の液・気相計測	早大·草鹿		
		プール燃焼・PM	大分大・橋本	ノズル出口・壁面衝突	岡山大·河原		
		多成分燃料蒸発·液膜	北大·小橋	噴霧流動・壁面衝突(定容容器 /RCEM)	群馬大・座間		
	□ <b>西</b> □□□□ □ □ □ □			壁面干渉・すす生成挙動(RCEM)	明治大・相澤		
	9.19.19			液膜熱伝達	千葉大・窪山		
				粒子数密度・粒径分布(バーナ)	群馬大・荒木		
B. サブモデル				すす生成量(衝撃波管)	横国大・石井		
				PM 生成(モデル / 理論)	日大·秋濱		
	占小	放電·火炎核成長	大阪大・堀	乱流着火(定容容器)	東大・津江		
				着火可視化 (RCM/ 単気筒 )	岡山大·河原		
				乱流着火特性 (小型風洞 /RCM)	日大·秋濱		
				乱流着火遅れ (DNS/ モデル )	東工大・店橋		
		火炎伝播 早大·草鹿 乱流火炎	乱流火炎伝播(定容容器)	九大·北川			
				乱流火炎伝播 ( 理論 /DNS/ 実験 / モデル )	東工大・店橋		
	火炎伝播			層流燃焼速度(温度/当量比)	阪府大・瀬川		
					層流燃焼速度(圧力)	山口大・三上	
				層流燃焼速度 (SGS 燃焼モデル )	元人、安信     慶應大・深潟     名工大・服部     農工大・草鹿     岡山大、草鹿     開た、一座間     群馬大・福和     明菜大、空間     群馬大、石井     日大、秋濱     日大、秋濱     日大、秋濱     日大、秋濱     東工大、店橋     九大、北川     東正大、高橋     山口大、名田     広大、三三     福井大、高橋     上智大、高橋     北大、寺島     半大、草鹿		
		IWテーブル	東北大・森井	詳細化学反応	広大·三好		
			早大・草鹿	簡略化学反応	福井大·酒井		
	1 w h			着火遅れ計測	上智大·高橋		
				反応機構検証(着火伝播モデル含む)	東北大·丸田		
				ノック現象解明 (DNS)	北大·寺島		
				エンジンノックデータ	早大·草鹿		

本ページで紹介するソフトウェア/モデルについては、2019年3月の研究終了までに、研究進捗に伴い内容が変更することがあります。

Appendix

### ガソリン燃焼1Dモデル

#### >> 概要

不十分であった。

Appendix

ガソリン燃焼チーム/損失低減チーム

### 1Dガソリンエンジンシミュレータ (GT-Power)の構築と検証

既存ソフトではストイ ト高流動場でも点火時期を予測できるモデルを開発 (図 1)。

キ付近の予測しかでき トスーパーリーン条件でも圧力や熱発生率を高精度に予測できる燃焼モデルと熱損失モデルを開発(図2、図3)。

なかった。過給機や摩 トノック発生時期を高精度に予測できるモデルを開発(図4)。

擦損失の定量的予測も ト 損失低減チームのターボ(千葉大学、早稲田大学)、摩擦損失(東京都市大学)のモデルを組み合わせ、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、その正味熱効率を高精度に予測可能とした。



実施内容:単気筒リーンバーン試験、ターボ性能 試験、摩擦損失低減試験データ取得とモデル化。 搭載した新知見:高流動場点火モデル開発、ターボ脈 動損失モデル開発、摩擦損失モデル開発。

今後の課題: ノックモデルの検証、他のプラット フォームへの応用、プロトタイプエンジンでの検証。

>> 構成

		A および B		C. モデル / 実験式・検証データ	
	内容 1	内容 2	機関·代表者	内容	機関·代表者
A. プラットフォーム	統合	GT-Power に統合	千葉大・森吉	エンジン検証	慶應大·飯田
		熱流束計測・3D リダクション	東工大・小酒	壁面近傍温度(RCEM)	東工大・小酒
		冷損モデル	千葉大・森吉	壁面近傍温度(エンジン)	東工大・店橋
	冷損			壁面近傍温度(エンジン)	農工大·岩本
				壁面熱流束(エンジン)	都市大·三原
				壁面熱流束(エンジン)	明治大·中別府
	噴霧・PM	なし	—	なし	_
		横風影響·新規	東大・津江	定容容器	東大・津江
	よい			小型風洞・RCM	日大·秋濱
	泉火			RCM·単気筒	岡山大・河原
				DNS	東工大・店橋
		バラツキ予測含む	早大・草鹿	層流燃焼速度式	徳大·名田
	山火仁採			層流燃焼速度式	阪府大・瀬川
	火災広播			容器内乱流火炎	九大·北川
				火炎伝播(理論)	東工大・店橋
	ノック	L-W 改良	阪工大・桑原	詳細化学反応	広大·三好
				簡略化学反応	福井大・酒井
B.リノモナル				ノック(理論)	北大·寺島
		摩擦モデル (GT-SUITE)	都市大·三原	表面改質ピストン	名城大・宇佐美
				モノリスチェーンガイド	
				DLC ベアリング	名大・梅原
				なじみ活用ピストン	東北大・足立
				添加剤(化学的吸着·反応)	香川大・若林
	摩擦			添加剤(物理的表面吸着)	東工大・青木
				エッチングボア	名城大・宇佐美
			タイリング	タイリングベアリング	
				モノリスベアリング	 京大・辻井
				オイルシール(低緊迫力)	 九大・八木
				浮動ライナ・実機検証実験	都市大・三原
		熱損失/摩擦モデル	千葉大・森吉	脈動計測(単気筒)	 早大・大聖
	ターホ	脈動損失と翼設計のモデル	早大・宮川	軸摩擦と熱損失の計測・DB	 千葉大・森吉
	熱電	熱電ユニットモデル	早大・草鹿	発電-温度差マップ	理科大·飯田
		排気管モデル	早大·大聖		

33

### ディーゼル燃焼噴霧 CFD

#### >> 概要

ディーゼル燃焼チーム

Appendi

# ニードルの挙動、ノズル内部流動と噴孔出口流の特性を実測に基づいて解析し、 噴霧形成モデルを構築

CFD 計算では、特に噴 ▶ 実噴射弁において、ニードルの動きとノズル内外流を X 線により計測し、ノズル模型による圧力・流量計測および CFD 計 射量の少ない場合に噴 算の結果と合わせて、ニードルリフトとレール圧力を入力とし噴孔出口流速・拡がり角を予測するモデルを構築(図1)。 孔出口条件を経験に基 ▶ 液滴径・速度、噴霧内濃度分布、火炎発達などのデータを収集し(図2)、CFD との連携計算(図3)の結果を検証。 づいて設定する必要が ▶ 本モデルを CFD に用いると、従来経験によっていた噴孔出口条件をニードルリフトの時間経過をもとに与えることができ、 舂った。 軽い計算機負荷で噴霧・混合気形成・燃焼の計算を行うことができる。



実施内容:ニードルリフトの変化に伴うサック室内の流動の 変化が噴孔出口流速・拡がり角度に影響する様をモデル化。 新知見:噴射初期・終期の小リフト時に噴孔出口流の拡が りが非常に大きく、これが少量噴射の噴霧形成を特徴づ ける。 今後の課題:CFDとの連携計算の検 証、多様なノズル仕様への対応。

主な 関連論文 ① Huang WD, Moon S, Ohsawa K. : Near-nozzle dynamics of diesel spray under varied needle lifts and its prediction using analytical model, Fuel, Vol.180, pp.292-300,(2016). ② Oda,T., Osawa,K, et al. : Investigation on a Simple Model to Predict Injection velocity and Spray Cone Angle for Sac Type Diesel Injectors, ICLASS 2018 July22-26, (2018).

#### ≫ 構成

	A および B			C. モデル / 実験式・検証データ		
	内容 1	内容 2	機関·代表者	内容	機関·代表者	
A. プラットフォーム	統合	AVL Fire に統合 (CFD 噴霧計算に取り込む手法の開発)	京大·石山			
B. サブモデル	燃料噴射・ 噴霧発達・ 混合気形成	噴射率モデル 産総研・		ノズル内:X 線計測	産総研・文	
		噴霧角モデル(燃料流内乱れの影響) 鳥取大		噴孔近傍の微粒化計測	長崎大・植木	
		噴霧角モデル (燃料主流の影響)	産総研・文	容器実験(混合気形成)	広大·西田	
		ノズル流 - 粒径モデル	京大·石山			
	着火反応	セタン価基準燃料反応モデル	京大·石山	- 容器実験(噴霧燃焼) 滋県大·		
	燃焼モデル	不均一燃焼モデル	京大·石山			
	壁面熱損失	熱伝達モデル	大阪大・堀	容器・RCM 実験 (熱伝達)	同志社·松村	

### ≫ 概要

Appendi

損失低減チーム

# 完全陽解法による高精度・高速シミュレータによるEHLソルバー開発 摩耗・焼付き現象を実験・詳細分析し、物理モデルにより解析モデルを開発

エンジンの摩耗・焼付 きを想定した危険予測 の解析モデルが無く、 経験則と合わせ込みで 推定 ▶ 完全陽解法によるすべり軸受 EHL ソルバーを開発。大型並列計算機も使用可能。九州大学ベンチャー設立

▶ Archard 式を局所に用い摩耗と表面形状変化が計算可能に。表面メッシュ化でリアルな経時変化の算出が実現

▶ エンジン油の極狭空間での粘度を共振ずり測定法で実験。結果を摩擦摩耗のメソシミュレータに応用し精度向上(図1)

▶ 焼付きは局所の塑性流動から発熱、この繰返しで広域塑性流動から焼付き至ることをその場観察で発見 (図2)。この現象を 接触面積の詳細分析に基づき解析モデル化。オイル違いも解析可能。JGの影響は小さいことも解明 (図3)

▶ 低摩擦しか扱えなかった原子・分子シミュレーションを大規模計算で摩耗まで取り扱うパラダイムシフトを実現 (図4)



**モデルの基本条件**:焼付きのその場観察 は1kN~5kN、すべり速度3m/s。潤滑油 0W-8及び油性剤変更(FM有無等) モデル/ソフトウェアへの繋がり:基本モデルはエンジン軸 受シミュレータに組込み、最少油膜厚さや焼付きの危険予 測へ 今後の課題:なじみ・焼付きの軸受シミュレーション モデルとエンジン軸受での検証。潤滑油性状違い での検証



①水上雅史他:高温高圧条件におけるモデルエンジン油の油膜厚さ・潤滑特性のナノレベル評価,トライボロジー会議 2018 春東京予稿集、
② Matsuzaki, Y., Yagi, K. & Sugimura: In Situ Observation of Heat Generation Behaviour on Steel Surface During Scuffing Process, J. Tribol Lett (2018) 66, 142., ③大串巧太郎他: 焼付き予測のためのメソトライボロジーシミュレーション,トライボロジー会議 2018 春東京予稿集)

### ≫ 構成

	A および B			C. モデル / 実験式・検証データ		
	内容 1	内容 2	機関·代表者	内容	機関·代表者	
A. プラットフォーム	マクロ&統合	流体・構造連成解析シュミレータ 開発、メソとの統合	九大·八木			
	メソ&統合	メソシミュレータ開発、 マクロとの統合	東北大・宮本			
B. サブモデル	マクロ&統合	すべり軸受の弾性流体潤滑	九大·八木	潤滑面その場観察実験	九大·八木	
	メソ&統合	メソスケールの摩耗解析モデル開発	東北大·宮本	摩耗粉の排出特性・性状試験	福井大·本田	
				軸受け・焼き付き試験	都市大·三原	
				共振ずり測定	東北大·栗原	
				メソシミュレータ摩耗検証試験	東北大·足立	

### ≫ 概要

### オイル消費メカニズムの解明と解析ソルバーの開発 ~フォトクロミズムによるオイル上がりメカニズムの解明、ボア変形によるピストンリングの 動的変形解析、二相流CFDによる3Dオイル上がり解析~

 Cストンリング周り のオイル流れは複雑 で、その現象の解明、 オイル流れの予測は 極めて困難であった。
フォトクロミズムを用いた独自の可視化技術を適用(図1)。運転条件の違いによるオイル輸送ルートの解明、著しいオイル上が り現象を可視化により把握
ボア変形の影響を考慮した動的リング変形解析の適用(図2)。高速運転時の急激なオイル消費について、ボア変形の観点から メカニズムの解明に繋がる結果を取得
レベルセット法による二相流 CFD 解析(2D、3D)の適用(図3)。リング背面のオイル挙動の把握(実験との検証)、リングパッ ク(3ピースオイルリング適用時)の合口を含むオイル流れの CFD 解析により3次元流れをシミュレーション
エンジン実機による現象の実験検証(薄膜センサーによる面圧測定、可視化)



**実施内容**:フォトクロミズムによる可視化試験、ボア変形に伴うピスト ンリング変形の動的構造解析、レベルセット法を用いたCFD二相流解 析と実験検証。薄膜センサーによる面圧測定実験 **得られた新知見**:運転状態の違いによるオイ ル輸送ルート解明、高速回転時の動的リング 変形の変化を把握 **今後の課題**:リング変形の面圧による実 験検証、オイル上がり現象の解析と実 験の比較 Appendix

損失低減チーム

主な 関連論文 ① K KURATSUJI 他: Development of a New Visualization Technique Using Photochromism for Transport Process of Lubricating Oil around the Engine Piston、The Ninth International Conference on Modeling and Diagnostics for Advanced Engine Systems (COMODIA 2017), C315, Okayama, Japan, July 25-28, (2017) 等

### ≫ 構成

	A および B			C. モデル / 実験式・検証データ		
	内容 1	内容 2	機関·代表者	内容	機関·代表者	
A. プラットフォーム	CFD	気液二相流解析ソルバー	東海大·落合			
	FEM	大変形を考慮した接触解析ソルバー	東海大·落合			
B. サブモデル	オイル流れ	オイルリング周りの気液二相流解析	東海大·落合	フォトクロミズムによるオイル 流れの可視化	東海大·落合	
				フォトクロミズム油膜計測(実機)	都市大·三原	
				オイル消費計測(実機)	都市大 · 三原 都市大 · 三原	
	動変形	ボア変形を考慮したオイルリングの運動解析	東海大·落合	ボア変形計測(実機)	都市大·三原	
				リング面圧分布計測(実機)	都市大·三原	
				リング挙動計測(実機)	都市大·三原	