

4サイクルエンジンシミュレーション

***EGSIM 10.4***

Copyright © 2015 **MECWARE** Matsuo Engineering Office

# 特徴・概要

## 【特徴】

- ▼エンジンの性能予測や内部現象解析ができる。
- ▼設計・実験現場でも手軽に使用できる。
- ▼操作画面、使用マニュアルはすべて日本語表記。

## 【用途】

### ▼設計用に

- ・4サイクルエンジンの設計でエンジン基本設計やバルブ・カム・吸排気各部設計まで様々な開発ステップで利用可能に。
- ・CFD解析の境界条件設定計算やピストン、クランク軸強度解析時の燃焼圧計算、その他熱流計算に利用。

### ▼実験・研究用に

- ・計測データとの相互検証・補間によりエンジン内部現象を解明しエンジン開発における問題解決や新技術の研究開発に利用。

### ▼教育用に

- ・企業のエンジン技術者の教育・大学内燃機関研究室の研究・教育用ツールとして利用。

## 【 導入・利用実績 】

自動車メーカー・二輪メーカー・船外機メーカー

エンジンアフターマーケット製品メーカー

CAEベンダ

エンジン設計請負会社

大学内燃機関研究室

高専機械工学科

官庁系技術研究所

## 【 受託解析実績 】

輸送機器メーカー系エンジニアリング会社

## 【動作環境】

▼OS : Windows95 / 98 / XP / VISTA / Windows7 /8

▼メモリ : 1GMB以上推奨

▼H/D容量 : インストール時10MB必要

▼ディスプレイ : 800×600以上の解像度を持つカラーディスプレイ

▼プリンタ : Windows対応の機種

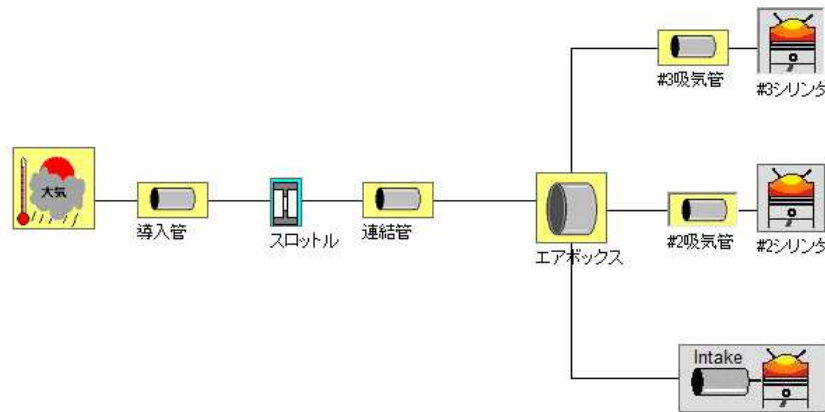
▼CD-ROMドライブ : インストール時にCDを使用

# 【シミュレーション計算】

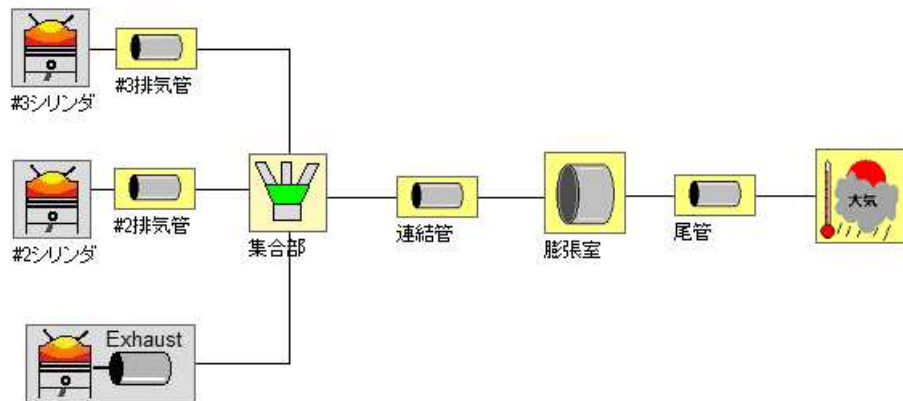
## ▼計算・出力項目

吸気排気系を含む4サイクル多気筒エンジン内の熱力学的現象をシミュレーション。

エンジン性能、体積効率その他回転数ベースのデータや圧力、温度、流量などクランク角ベースのデータなど、エンジン設計、開発において必要な項目をすべて出力。



3気筒吸気系モデル例



3気筒排気系モデル例

## 多気筒エンジンの仕様・諸元上の制約

- ・気筒数は最大6  
(V-6、V8は各々片バンク3、4気筒分のモデルで対応)
- ・各気筒の位相(点火時期)が等間隔であること
- ・吸排気系が各気筒等分配となっていること(独立も可)

例) 排気集合 2-1、3-1、4-1、4-2-1

吸気分配 1-2、1-3、1-4、2-4、1-2-4 等

### ▼吸排気管内流モデル

1次元非定常流れを差分法を用いて解いており慣性効果、脈動効果解析が可能。

### ▼燃焼モデル

ガソリンおよびディーゼルともWiebe関数(最大3段)を使用。

熱発生率のテーブル入力（クランク角vs熱発生率）も可能。

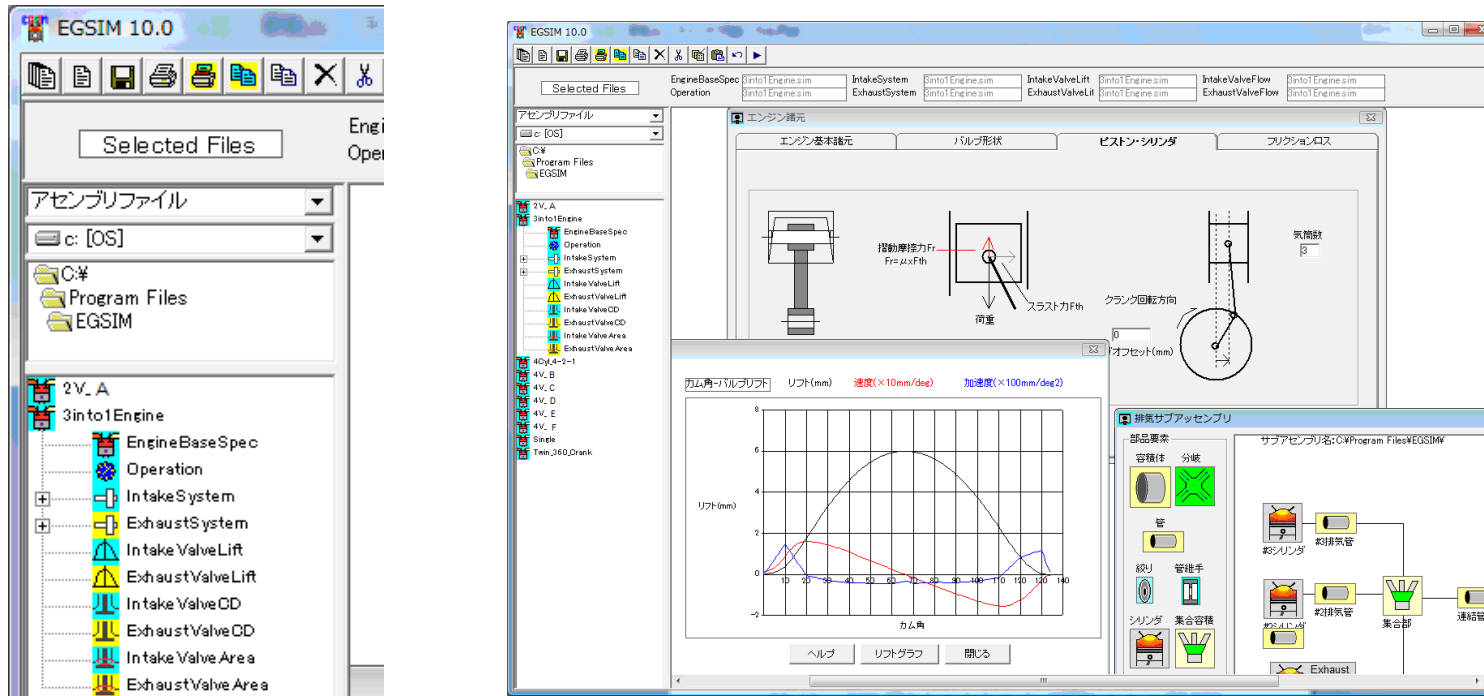
### ▼着火遅れ、燃焼期間、各部温度

入力値を演算式で与えることが可能。

# エンジンモデル作成



# 【モデル作成要領】



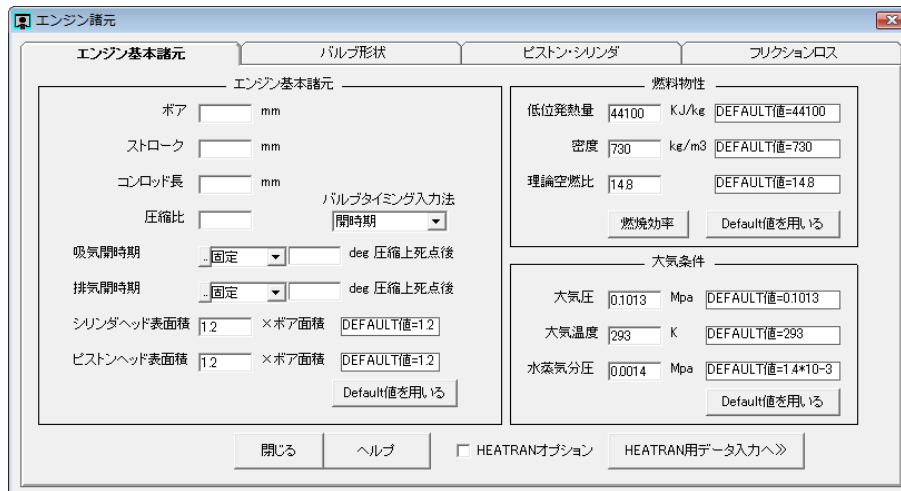
1. エンジン諸元をセクション毎に分けて入力しパーツファイルとして保存

- ・エンジン基本諸元(エンジンシリンダ、ヘッド等)
- ・吸気系 ・排気系 ・バルブリフト ・流量係数 ・運転条件

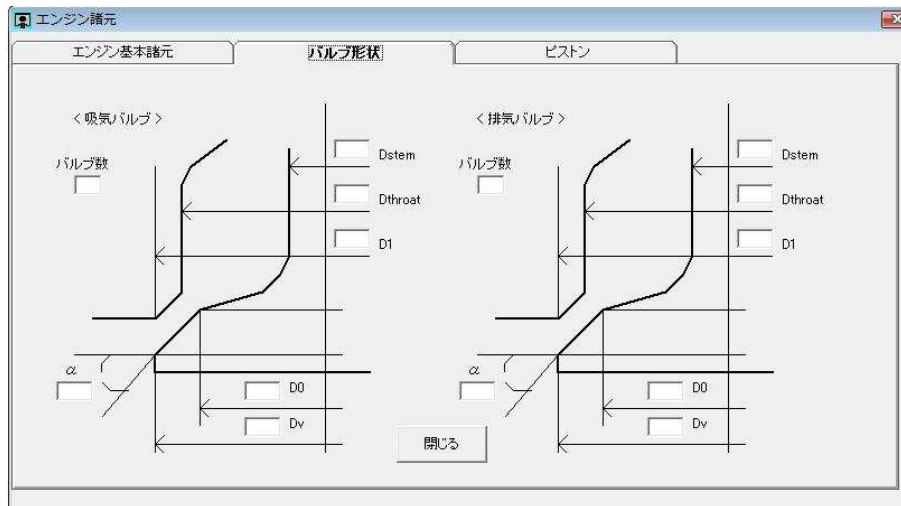
2. 各パーツファイルを選択してアセンブリファイルを作成し実行。

パーツファイルの選択を変更することで様々なエンジンモデルが作成可能

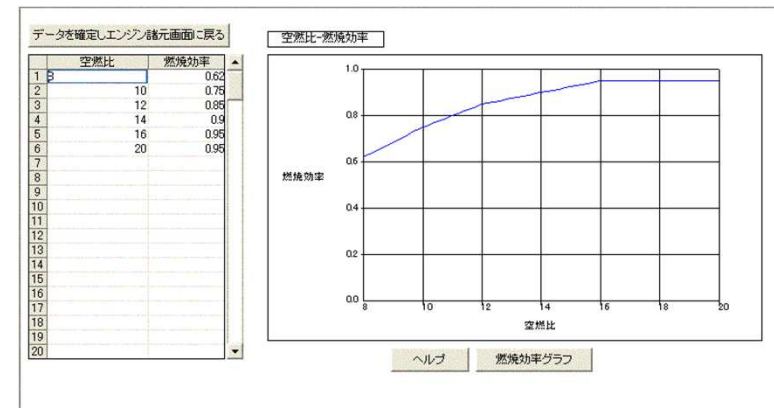
# 1) エンジン基本諸元



- ・ボア、ストロークなどエンジン設計諸元を入力。
- ・燃料物性値や空燃比－燃焼効率特性を入力。
- ・物性値には全てデフォルト値あり。

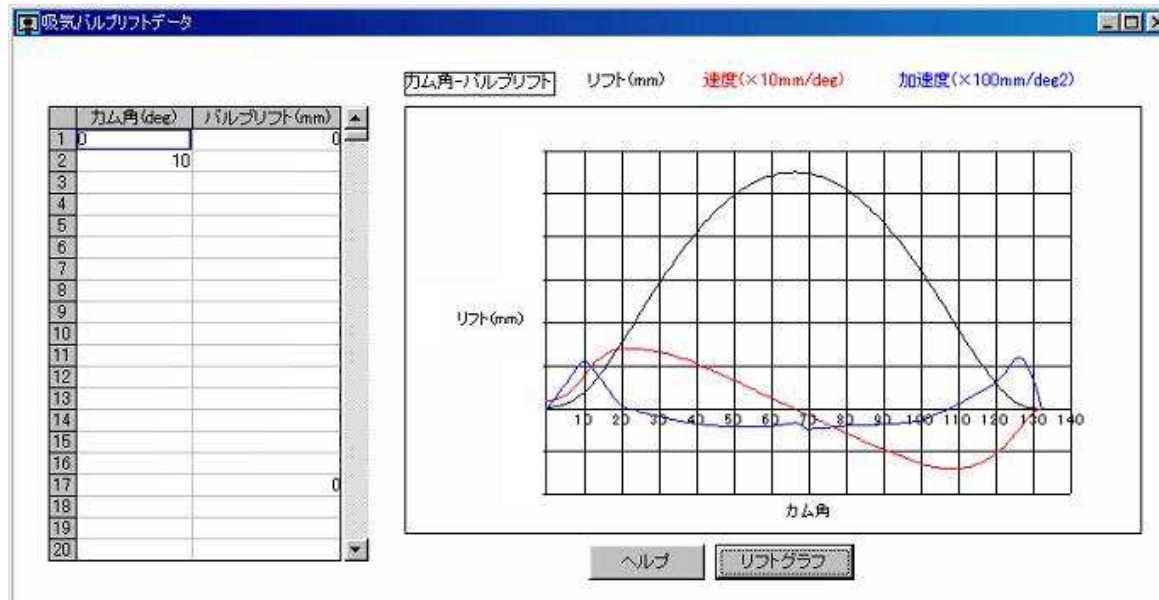


エンジン基本諸元



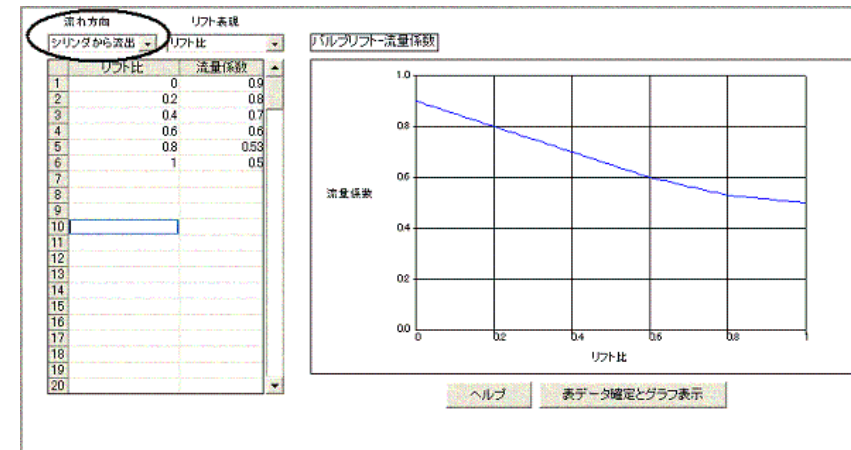
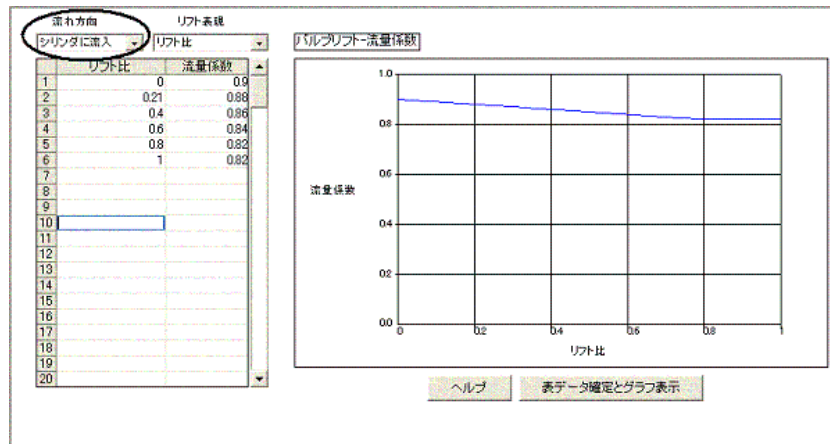
燃料燃焼効率

## 2) バルブリフト



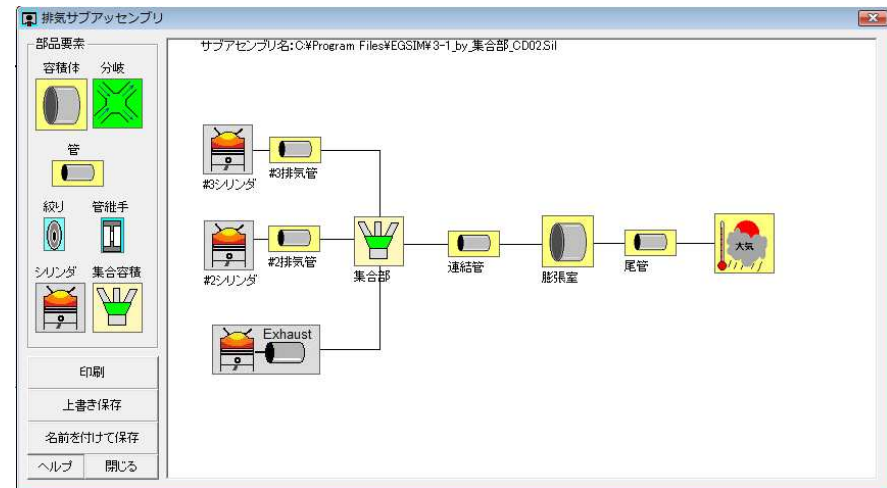
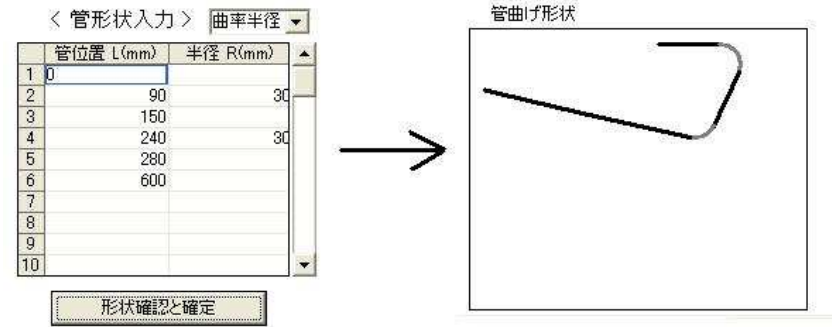
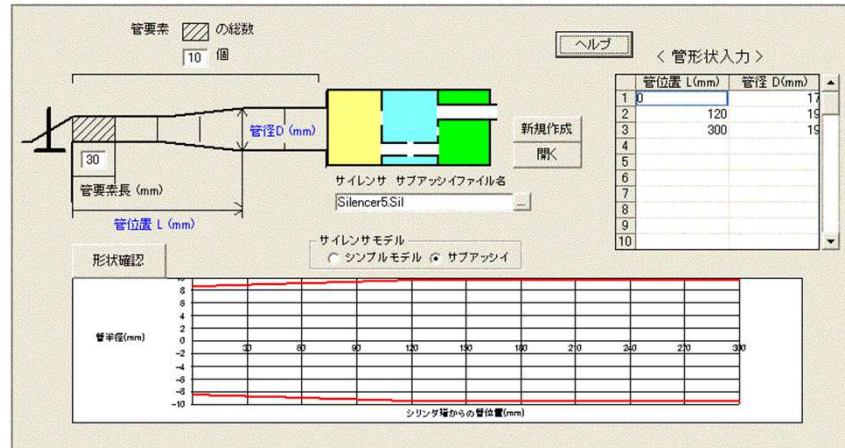
- ・ カム回転角に対するバルブリフト量を表入力。カム角は等間隔でなくとも可。
- ・ 任意点での入力データからスプライン関数を用いてリフト曲線を創成するのでカム設計データがなくても何点かのリフト測定値を用いてデータを作成可能。
- ・ 表データをExcelファイルから一括コピー&貼り付けが可能。

### 3) バルブ流量係数



- ・ 吸排気バルブの流量係数は管からシリンダ、シリンダから管と流れ方向別に入力。
- ・ 流量係数の実験データがない場合はデフォルト表を用いることが可能。

## 4) 吸排気系



### ▼管形状

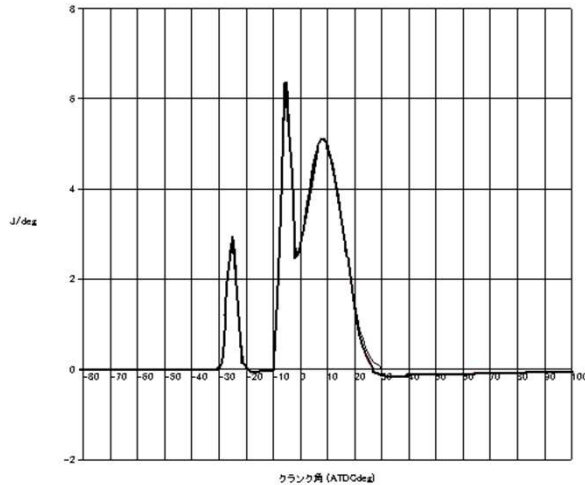
- ・ 管全体を一定長の管要素に分割
- ・ バルブ端からの距離と管内径、曲げRとで形状を定義。

### ▼クリーナ&サイレンサ

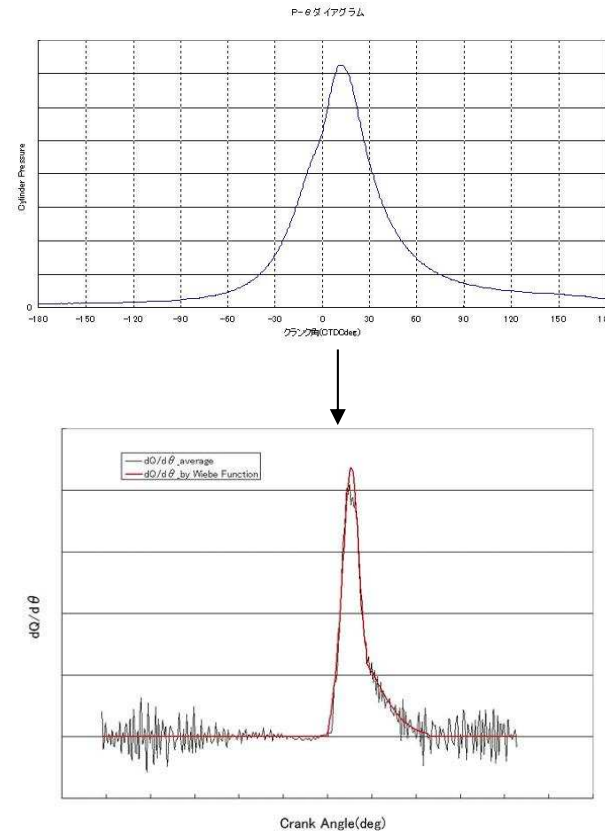
- ・ 容積、管、絞り、分岐等からなるサブアセンブリとして作成。
- 多気筒エンジンの場合シリンダ要素を配置し気筒間位相を入力。

## 5) 熱発生率

### (1) Wiebeの燃焼関数による入力



Wiebe関数によるパイロット噴射の熱発生率入力



XCOMBIによるディーゼル熱発生率のDouble-Wiebe関数近似

- ・ 熱発生率をWiebeの燃焼関数（着火遅れ・燃焼期間・燃焼特性数）で入力。
- ・ 最大3つの燃焼関数の組み合わせを用いることができるのでディーゼルエンジンのプリ・ポスト噴射による「多段燃焼」の解析も可能。
- ・ 別売りのExcel燃焼解析ソフトXCOMBを用いればExcelに保存された燃焼圧データを元に熱発生率をWiebe関数で近似することが可能。

## (2) 熱発生率テーブルによる入力

・テーブルにはクランク角(ATDC: 圧縮上死点後)と熱発生率(J/deg)HRを入力し、多項式曲線で補間します。

・不等間隔入力(曲率の大きい区間はクランク角入力間隔を小さくするなど)により少ない入力点数で元のカーブを精度良く近似できます。

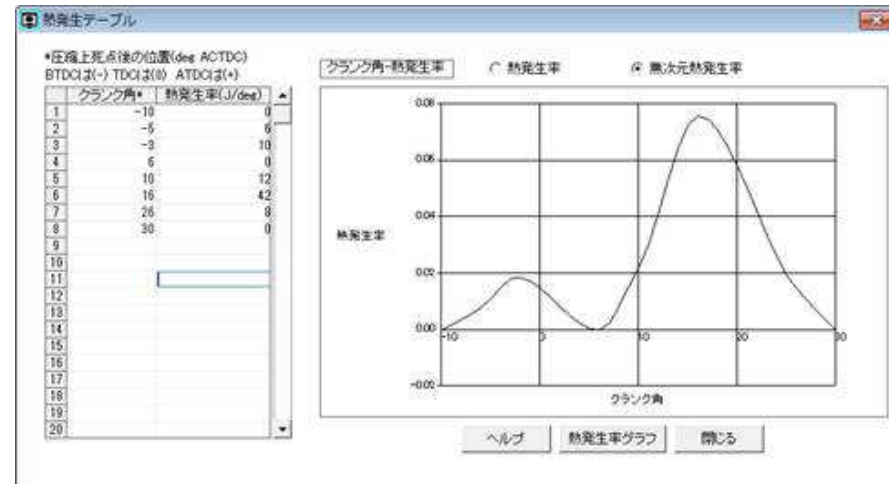
・テーブルには熱発生率HRを入力しますが燃焼計算では無次元熱発生率に換算した値NDHRを使用します。

(但し $NDHR = HR / SUMHR$ ;  $SUMHR$ : 1サイクルの熱発生積算量;  $SUMHR = \sum HR = G_F \cdot H_L \cdot \eta_c$   
 $G_F$ : 燃料質量  $H_L$ : 燃料低位発熱量  $\eta_c$ : 燃焼効率)

NDHRを用いる理由: HR自体は1運転条件での値であり、体積効率や空燃比、当量比などの条件が変わりSUMHRが変わると使用できません。

これに対しNDHRは熱発生率カーブの形状情報と見做すことができ、運転条件が変わっても使用することができます。(運転条件によってカーブ形状は変わらないと仮定)

回転数	当量比	噴射時期	噴射比率	熱発生率	熱発生率	熱発生率	ヘッド温度	ライナ温度	ピストン温	吸気管温	排気管温	
rpm	Φ	-deg-	-%-	J/deg	J/deg	J/deg	K	K	K	K	K	
1	2000	0.8	25	100	Table	Table	Table	433	393	433	303	673
2	3000	0.8	25	100	Table	Table	Table	433	393	433	303	673
3	4000	0.8	25	100	Table	Table	Table	433	393	433	303	673





## 6) エンジン運転条件

回転数	スロットル	点火時期	空燃比	着火遅れ	燃焼期間	Wiebe(m)	ヘッド温度	ライナ温度	ピストン温	吸気管温	排気管温	
rpm	%	deg	A/F	deg	deg	m	K	K	K	K	K	
1	3000	100	19	14.8	5	60	2.3	433	393	433	303	673
2	4000	100	19	14.8	5	60	2.3	433	393	433	303	673
3	5000	100	19	14.8	5	60	2.3	433	393	433	303	673
4	6000	100	22	14.8	5	60	2.3	433	393	433	303	673
5	7000	100	21	14.8	5	60	2.3	433	393	433	303	673
6	8000	100	20	14.8	5	60	2.3	433	393	433	303	673
7	9000	100	18	14.8	5	60	2.3	433	393	433	303	673
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

燃焼のタイプ  
 ガソリン(予混合)  
 ディーゼル(多段燃焼)

ヘルプ Default値を用いる 閉じる

・Wiebe係数、着火遅れ、燃焼期間、エンジン各部温度  
 (ヘッド、ライナ、ピストン、吸気管、排気管)  
 を出力、トルクなどの演算式で入力可能。





# 定常性能計算

## 【定常性能計算】

エンジン回転数、スロットル開度一定での性能を予測。

エンジン回転速度は1サイクル中（クランク角度によらず）一定。

### ● 1JOBのみ実行

1仕様の計算と結果の評価を繰り返す場合に選択。

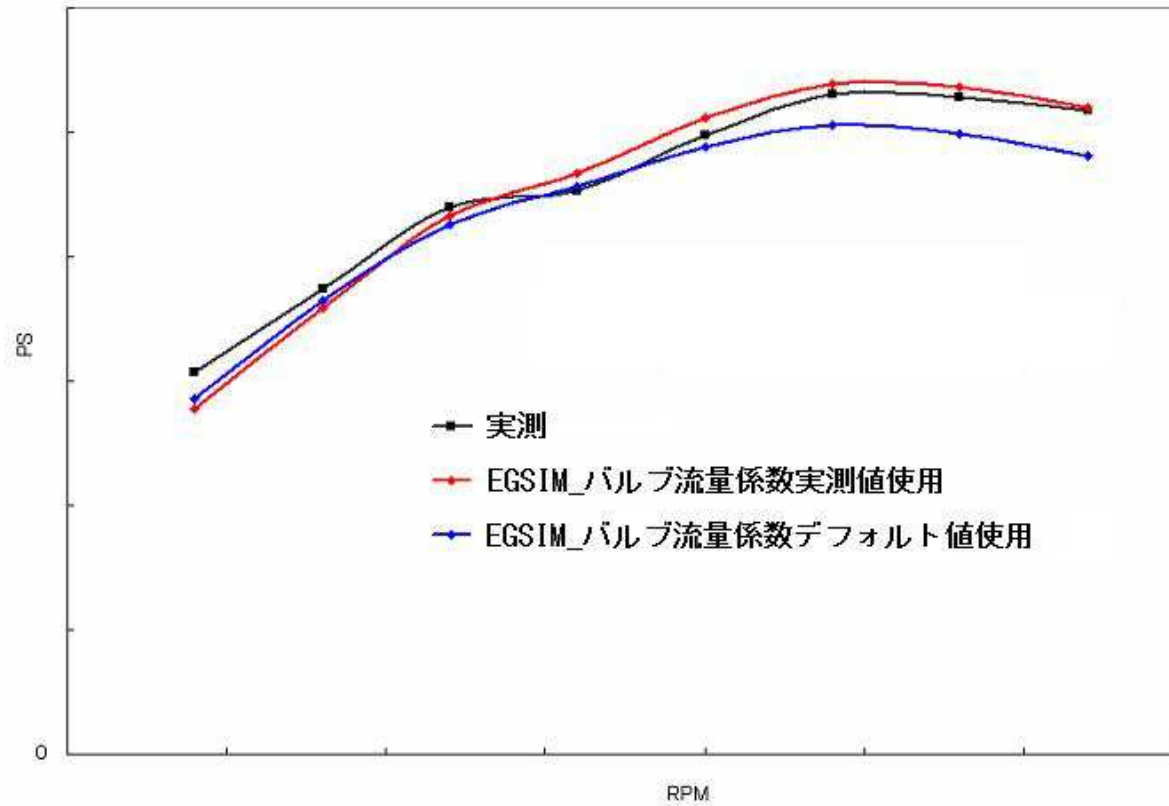
計算結果は指定したファイルに全て保存。

### ● Submit実行

1実行命令で複数の仕様を連続で計算。

設計パラメータを振って計算する場合に選択。

# 【定常性能計算例】

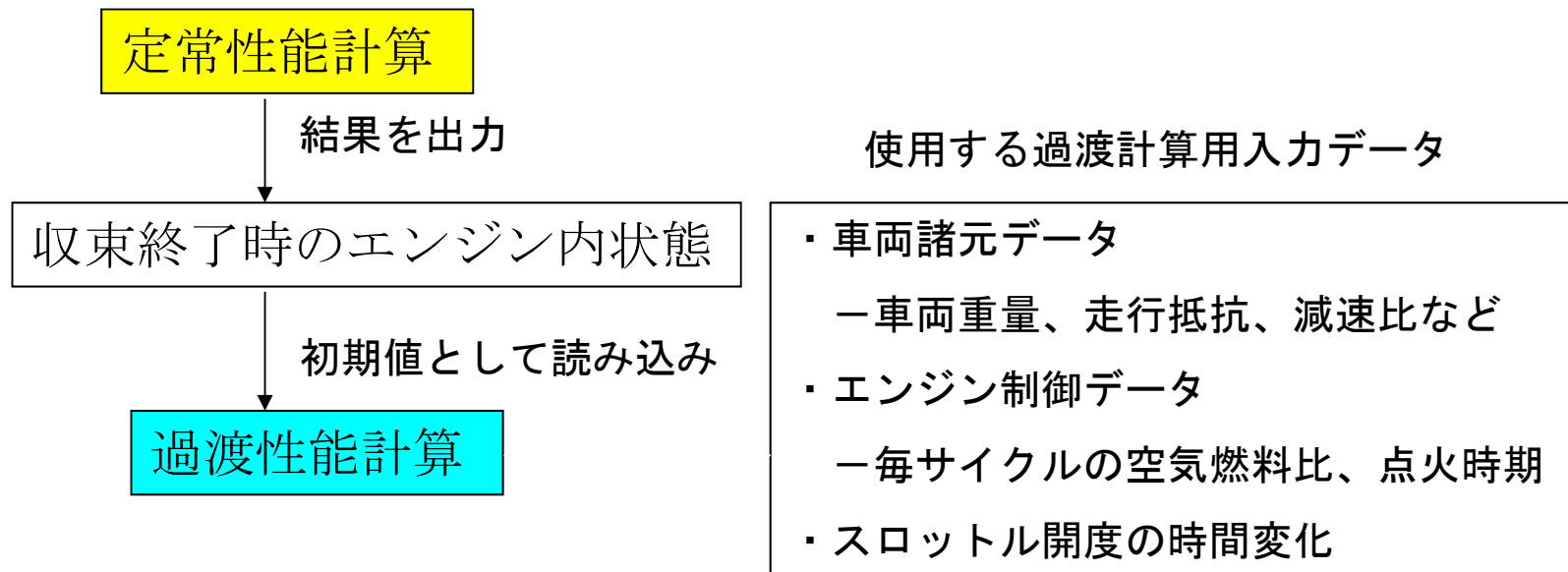


# 過渡性能計算

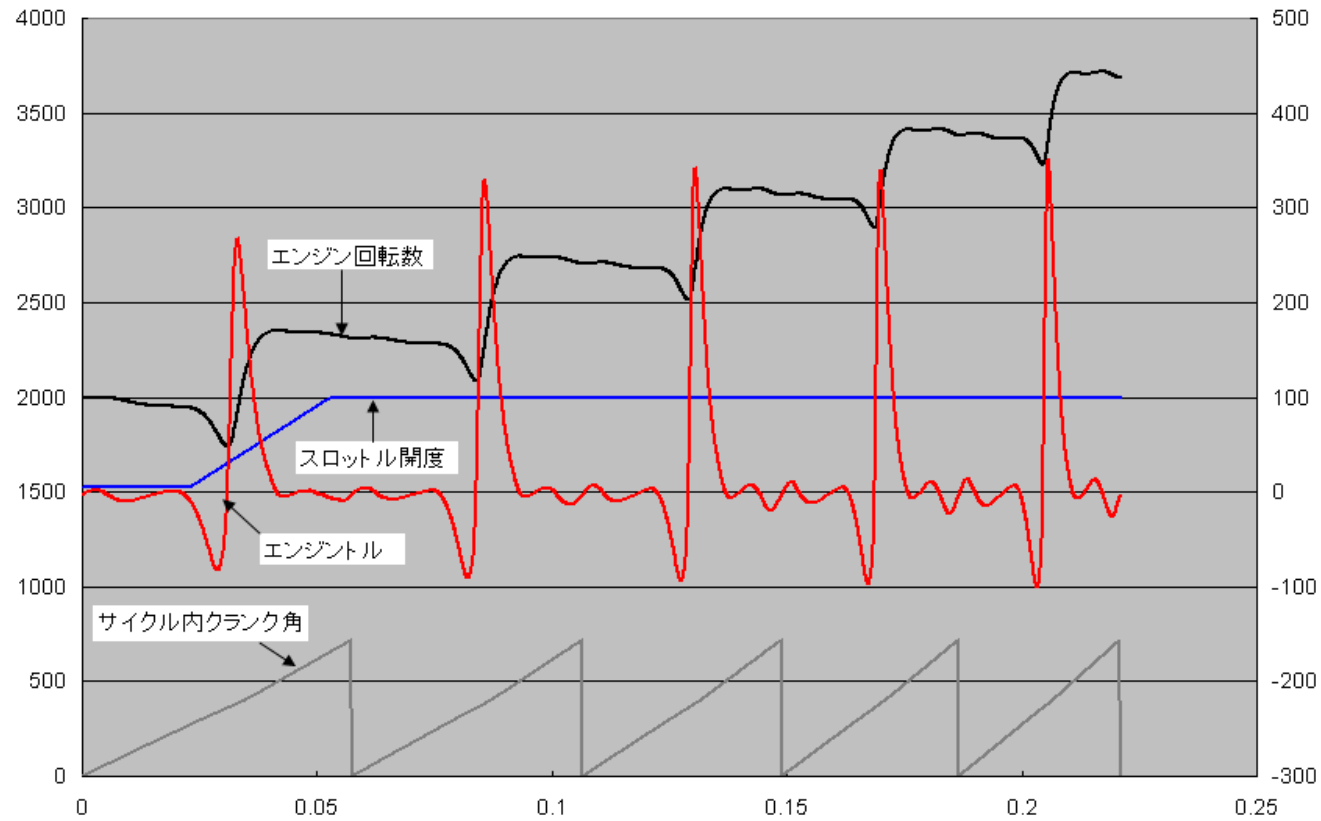
## 【過渡性能計算】

- ・ クランク角毎のエンジントルク、負荷トルクおよび駆動系慣性モーメントからエンジン回転加速度、回転速度を求めクランク角毎のエンジン内状態量の変化、サイクル毎のエンジン性能を計算。
- ・ 過渡性能計算は定常性能計算の最後のエンジン内状態を初期値としてスタートし指定サイクル分の計算を実行。

注) トランスミッションはMTの固定ギア（減速比固定）としています。



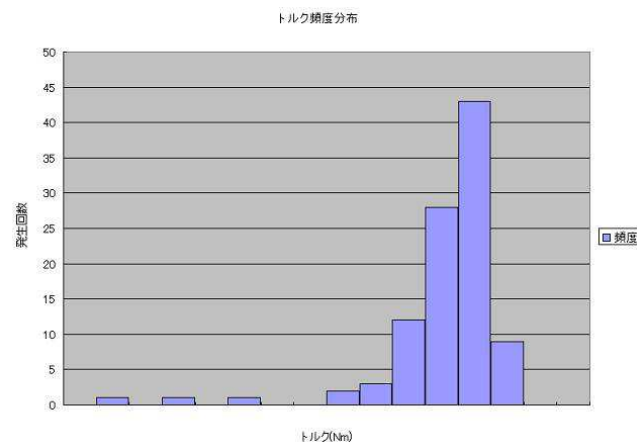
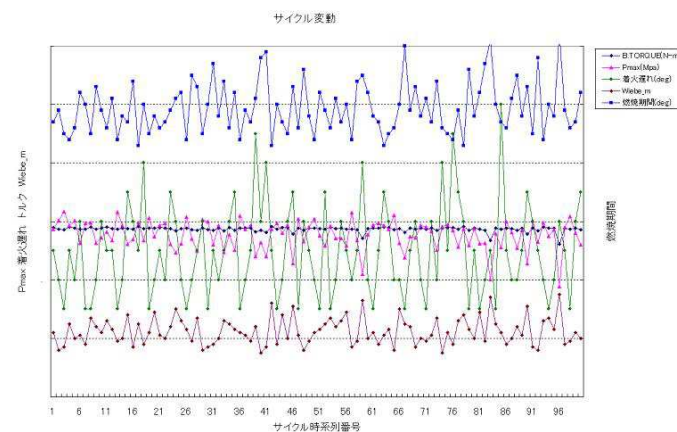
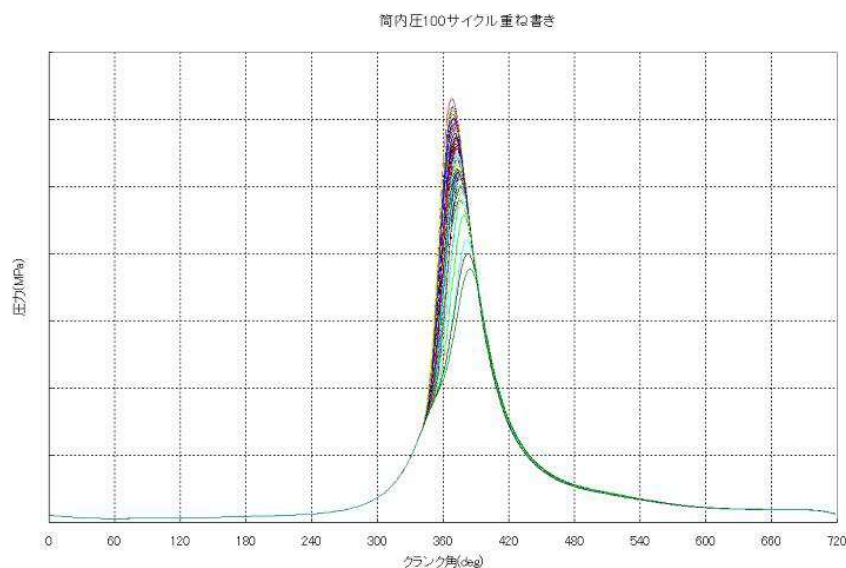
# 【過渡性能計算例】



# サイクル変動計算

# 【サイクル変動計算】

- ・燃焼パラメータ(着火遅れ、燃焼期間、Wiebe係数)をサイクル毎に変えて擬似的な燃焼サイクル変動を発生させ、燃焼変動が体積効率や最大燃焼圧等を与える影響を調べる。
- ・各パラメータ値はサイクル毎に乱数列によりランダムに変化するも、頻度分布は $\gamma$ 分布(所定の分布形状を指定)にしたがう。

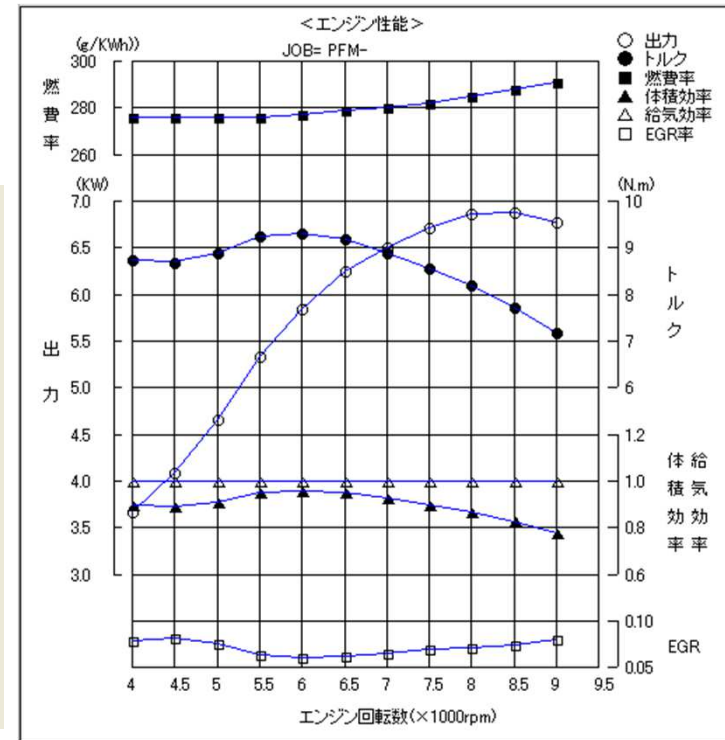




出力

# 【回転数ベースの性能】

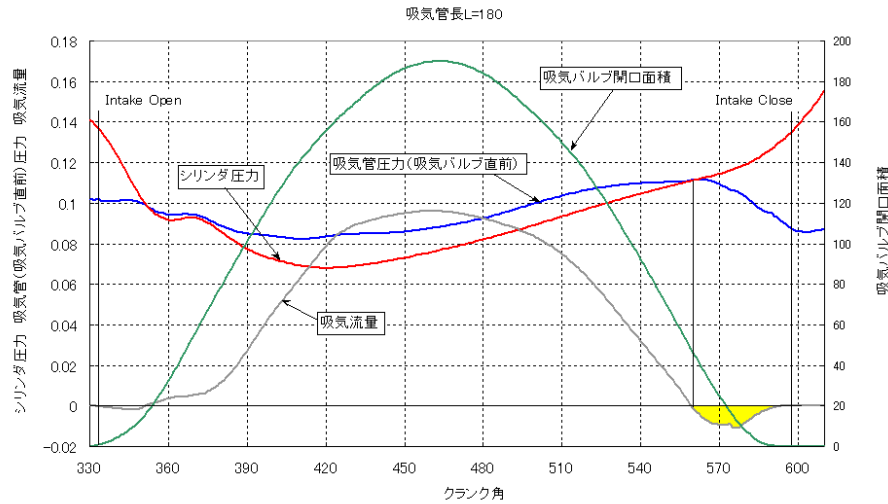
実行目的							
実行目的	キーパラメータ	エンジン回転数					
定常性能計算	吸気モデル	駆動モデル					
印刷 表のコピー 閉じる ヘルプ							
<性能リスト-1>							
SPEED(rpm)	IPOWER(kW)	ITORQUE(N-m)	ISFC(g/kwh)	VOL. EFF.	EGR RATE	TRAP. EFF.	計算刻み(deg)
1500	1.302	8.287	320	0.301	0.388	0.744	0.125
2000	2.125	10.145	299	0.278	0.353	0.921	0.125
3000	4.04	12.86	280	0.285	0.303	1.065	0.25
4000	6.195	14.789	276	0.373	0.251	0.925	0.5
5000	8.772	16.753	275	0.387	0.247	1.006	0.5
6000	13.467	21.433	275	0.515	0.172	0.966	1
8000	20.439	24.398	286	0.596	0.148	0.987	1
10000	17.993	17.182	312	0.454	0.198	0.997	1
<性能リスト-2>							
SPEED(rpm)	IMEP(Mpa)	PMEP(Mpa)	IEFF.	Pmax(Mpa)	CApmax(deg)	Tmax(K)	CATmax(deg)
1500	0.232	0.0033	0.254	2.57	6	2013	10
2000	0.284	0.0045	0.272	2.9	7	2101	11
3000	0.36	0.006	0.291	3.36	7	2211	11
4000	0.414	0.0112	0.295	3.73	7	2320	11
5000	0.469	0.0176	0.296	4.26	7	2362	11
6000	0.6	0.0276	0.296	5.14	7	2457	12
8000	0.683	0.0591	0.285	5.99	7	2490	12
10000	0.481	0.0789	0.261	4.95	7	2518	12



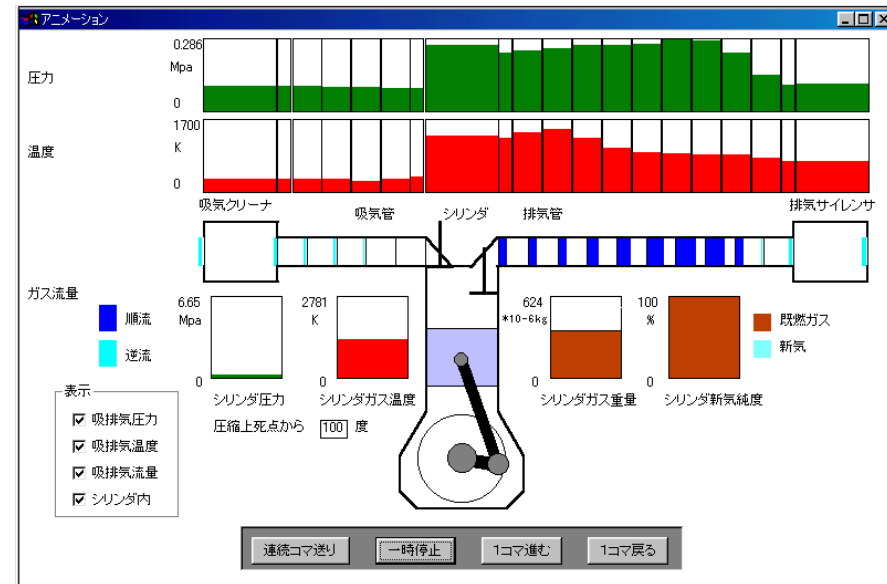
エンジン性能リストとグラフ

- 出力・トルク・燃費率をはじめ体積効率、EGR率、給気効率をはじめ平均有効圧、ポンプロス、シリンダPmax, Tmaxなどエンジン性能を多角的に分析するためのデータを表とグラフに出力。

# 【クランク角ベースのデータ】



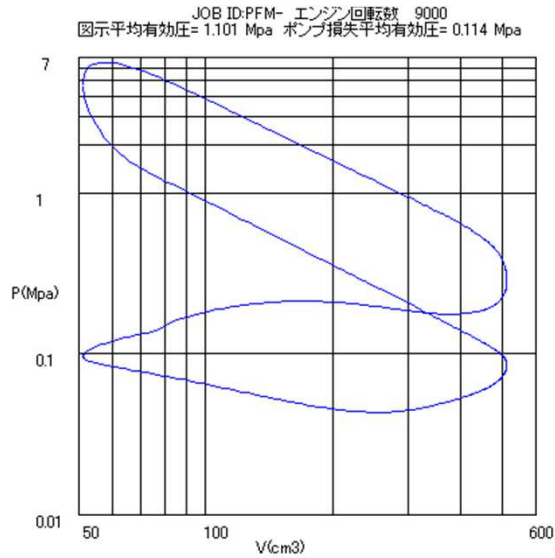
圧力と流量のクランク角変化



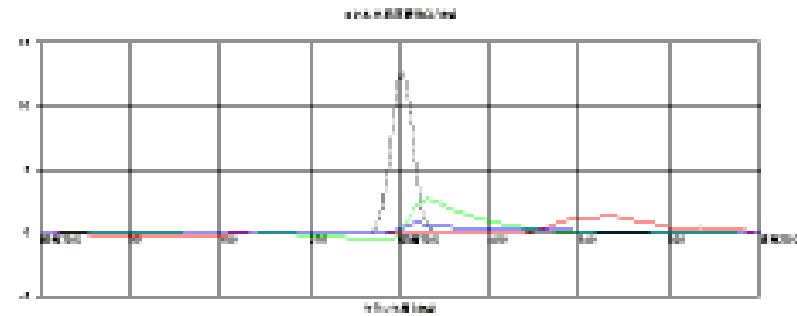
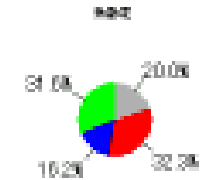
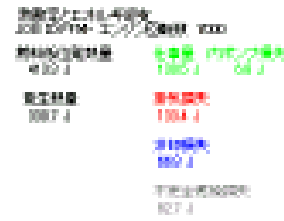
アニメーション

- ・ 圧力・温度・流量などエンジン内部状態量のクランク角毎のデータをグラフやExcelに出力。
- ・ アニメーションでエンジン全体の現象を見ることが可能。  
(定常性能計算のみ)

# 【熱力学解析データ】



指圧線図



熱勘定

- ・ 燃焼圧・温度・比熱ほか指圧線図や熱勘定図など熱力学的考察に必要な図やグラフを出力。

開発販売元（お問い合わせ先）  
MECWARE 松尾技術士事務所  
〒436-0062  
静岡県掛川市旭ヶ丘1-15-12  
TEL/FAX: 0537-24-8240  
E-mail:mec-matsuo@mail.wbs.ne.jp