

# メッシュ位相変化が可能な engineTCMFoam ソルバーによる 天然ガス内燃機関の燃焼解析

(ピストン移動面が曲面であるエンジンの場合の解析例)

田村守淑<sup>1†</sup>

<sup>1</sup> 東邦ガス株式会社

Combustion Analysis for a Natural Gas Internal Combustion Engine by using the  
engineTCMFoam Solver which is able to change the mesh topology  
(An Use case of engineTCMFoam for an engine with curved shape piston)

Moriyoshi TAMURA\*

\*TOHOGAS Co., LTD

## Abstract

A combustion analysis was examined for a natural gas internal combustion engine with curved shape piston by using engineTCMFoam. The engineTCMFoam which is a revised engineFoam solver can change the mesh topology during calculation whereas original engineFoam cannot change them. Pressure history after maximum combustion pressure was improved compared with that of original engineFoam.

*Keywords: natural gas internal combustion engine, openFoam, engineTCMFoam, mesh topology change, curved shape piston*

## 1. はじめに

engineFoam は火花点火機関の予混合火炎解析用の OpenFOAM の標準ソルバーであり、計算メッシュはピストン移動によってメッシュが伸縮する方式を取っておりメッシュ構造の位相変化はない。条件によっては計算過程でメッシュは大きく歪んで発散や精度の悪化を招く恐れがある。著者は圧縮行程のピストン移動によって形状変化してメッシュが歪んで発散する前で計算を一旦終了し、改めて形状に適したメッシュを再生成し、前の計算データをマッピングして後の計算に引き継ぐことで、天然ガス内燃機関の燃焼解析結果を実験データに適合できることを示した[1]。

移動境界によってメッシュが変形しメッシュ領域や体積が変化することは、物理的な保存量が保たれなくなり計算誤差が大きくなるため望ましくない。移動境界に合わせてメッシュ位相変化があるメッシュが増減する方式のほうが計算精度はよくなる可能性がある。

OpenFoam ライブラリーの layerAdditionRemoval を利用することで、ヘキサメッシュが積層された領域について制御平面の移動に合わせてヘキサメッシュ層の増減制御が可能である[2]。

移動境界問題では、移動境界での体積変化について保存則を補正する必要があるが、engineFoam では補正されていない。

layerAdditionRemoval を使って移動する制御平面でメッシュ層を増減の機能を engineFoam に付加するとともに移動境界での体積変化補正する改良をおこなった engineTCMFoam を開発した[3]。

ピストン面が平面である場合は、制御平面をピストン面とすればよいが、一般的にはピストン面が曲面状であり、制御面をピストン面とすることができない。

今回、ピストン形状が曲面をもつカップ型の天然ガスエンジンについて engineTCMFoam で解析を行い、実験データと比較を行いその効果を調べたので報告する。

## 2. 計算モデル

天然ガス用エンジンはボア 102mm, ストローク 106mm, 行程容積 866cc, 圧縮比 12, 燃焼室形状はカップ型の 4

<sup>†</sup> tamura@tohogas.co.jp

ストロークエンジンである. エンジン回転数 1200rpm, 燃料は天然ガス, 空気過剰率 1.1 の場合を計算条件とした. 乱流モデルは $k\epsilon$ 標準モデル, 燃焼モデルはオリジナルの engineFoam の層流燃焼速度に対する乱流燃焼速度の比  $\xi$  を使う乱流予混合火炎モデルの中で algebraic を選択した. algebraic モデルは,  $\xi$ Coef,  $\xi$ ShapeCoef,  $u$ PrimeCoef の 3 つのパラメータがあるが,  $\xi$ Coef を台上試験の圧力履歴に適合するように決定し, 他はデフォルトのままにした. 圧縮下死点 $-180^\circ$  ATDC での筒内圧力 100kPa, 筒内温度 330K, 乱流エネルギー $15.4\text{m}^2/\text{s}^2$ , 乱流渦消散率  $1350\text{m}^2/\text{s}^3$ , 壁面温度 400K, スワール比 2.2 のスワール流を初期条件として与えた. 点火条件は点火領域直径 1mm, 点火時期 $-9^\circ$  ATDC, 点火期間を  $14^\circ$ , 点火強度を 1 とした.

### 3. メッシュ作成方法

解析領域は円柱とカップ形状部分で構成されている. メッシュ増減がある円柱部分はヘキサレイヤーメッシュを作るため blockMesh で, メッシュ増減のないカップ形状部分は blockMesh と snappyHexMesh で各々作成し, mergeMesh と stitchMesh を使って結合し共有面を合体した. メッシュ増減を制御する平面を円柱最下面のメッシュ層に topSet を使って設定した.  $-180^\circ$  でのセル数は 27814 であった.

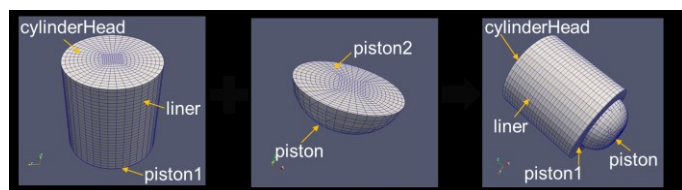


Fig.1 meshing method

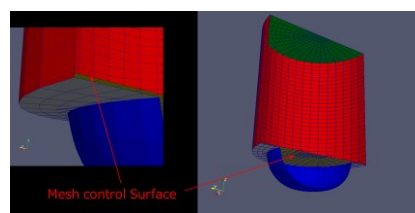


Fig.2 setting the mesh control surface

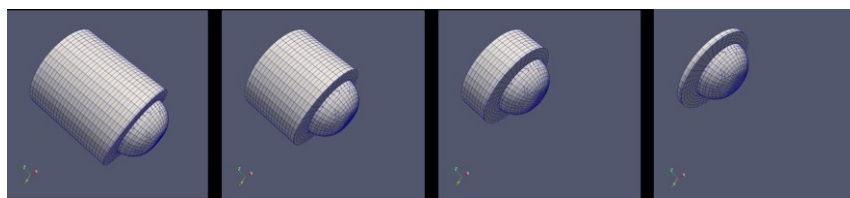


Fig.3 mesh changing during compression stroke

### 4. 計算結果

圧力履歴の結果を Fig1 に示す. engineFoam では最高圧力後の圧力履歴の適合ができなかったが, 位相変化メッシュの効果で engineTCMFoam では改善が見られ, 温度分布はブロードな傾向となった.

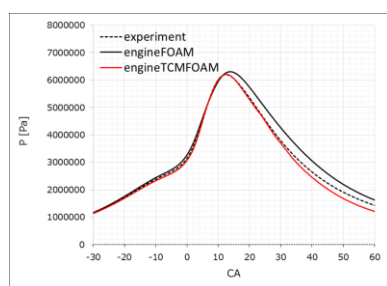


Fig.4 Pressure evolution

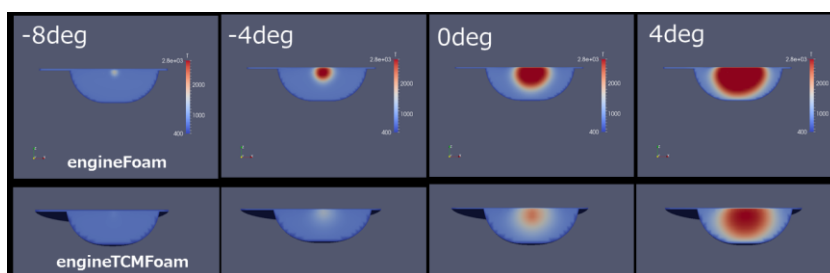


Fig.5 temperature contour in the combustion chamber

### 5. おわりに

メッシュ位相変化可能でメッシュ生成消滅ができる天然ガス内燃機関用の燃焼解析ソルバーを用いてピストン形状が曲面をもつカップ型の天然ガスエンジンについて乱流予混合火炎解析を実施した. 最高筒内圧力後の圧力履歴に改善が見られた.

### 参考文献

- [1] 田村守淑, OpenFOAM を用いた天然ガス内燃機関の燃焼解析, オープン CAE シンポジウム 2017@名古屋講演会講演概要集, A26, 2017.
- [2] moveEngineTopoChangerMesh の検討 (その 2), 第 64 回オープン CAE 勉強会関西 (2018-3-3)
- [3] engineTCMFoam の開発 (その 1), 第 61 回オープン CAE 勉強会 (岐阜, 2018-3-17)