

2 ストローク内燃エンジンの掃気

ここでは、FLUENT 6.1 のダイナミックメッシュ機能を利用して、船舶用 2 ストロークエンジンの掃気プロセスをモデル化します。燃烧室に噴射される空気がエンジンの前サイクルから残った既燃ガスを置換する能力について、化学種輸送によって評価します。結果は、プロセスが期待通りに機能していることを示していました。

2 ストローク内燃エンジンにおいて、ピストン下降行程は出力を発生する行程です。この運転サイクルがうまくいくためには、エンジンシリンダーに前サイクルから残った既燃ガスを置換するのに十分な圧力で新鮮な空気と燃料を供給する必要があります。シリンダーから既燃ガスを排出し、(空気と燃料からなる)新鮮な混合気体を充填するプロセスは掃気と呼ばれ、吸気と排気からなります。掃気は内燃エンジンの効率を決定する主要な要素となるため、その分析は非常に重要です。

掃気プロセスを調査すべく、FLUENT のダイナミックメッシュ機能を使用し、通常のサイクルの 2 ストロークエンジンの運動をモデル化しました。ダイナミックメッシュモデルには、可動部の運動を指定した初期メッシュの入力が必要です。内燃エンジンの場合、ピストンの運動を規定しなければなりません。ソルバーはそれによって部品を動かす、自動的にメッシュを再構成して、ダイナミックレイヤリング法、スプリングスモーキング法、ローカルリメ

シング法の 3 つのリメッシュスキームの中の 1 つ、あるいは、2 つまたは 3 つを組み合わせた方法を採用します。

2 種類の気体の流れ追跡には、2 種類の非反応性の気体を用いたシミュレーションを利用します。1 つの化学種は反応生成物を表し、もう 1 つは新鮮な空気と燃料の混合気体を表します。この方法は、掃気プロセスが完了した後に燃烧室に残っている既燃ガスの分率を明らかにするのに役立ちます。したがって、エンジンの設計を改良し、その効率を予測できます。2 つの化学種の特性は同じである必要はありませんが、ここでは単純化のために、両方に新鮮な空気と同じ特性を与え、どちらの気体も圧縮性とします。

図 1 は、ディーゼルエンジンとその部品の形状です。ピストンは赤で示されます。120 度ずつの間隔で 3 つの吸気孔が置かれています。排気孔は 1 つで、吸気孔のすぐ上、ピストンのすぐ下にあります。出口と入口はそれぞれ青と緑で示します。

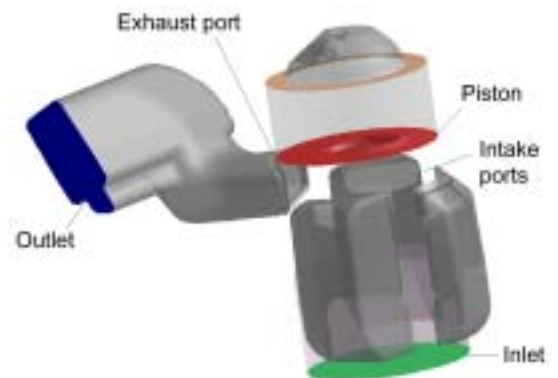


図 1: エンジンと部品の形状

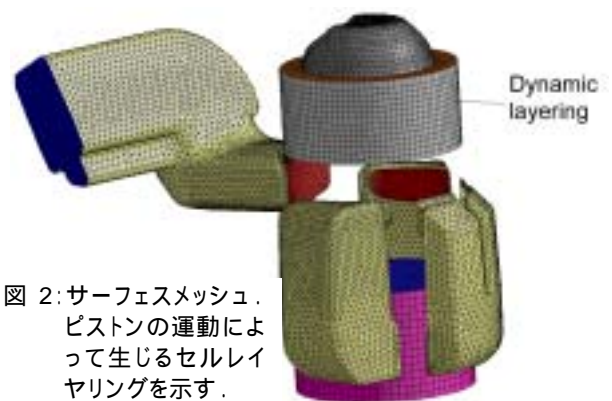


図 2: サーフェスマッシュ。ピストンの運動によって生じるセルレイヤリングを示す。

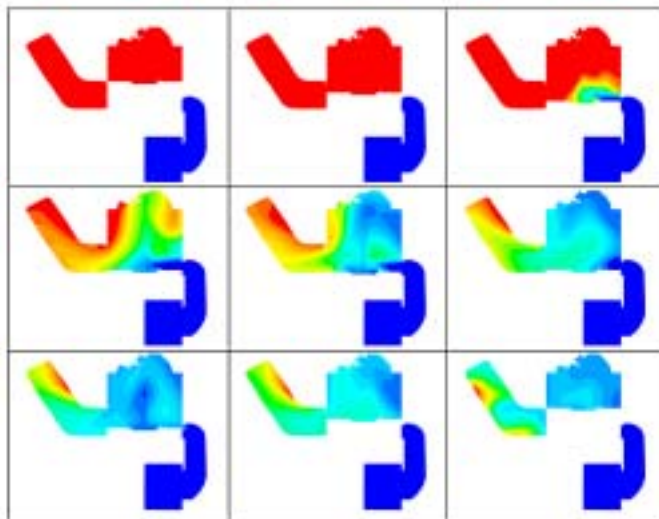


図 3: エンジンサイクル中、9 つの時点でのエンジン中心断面における既燃ガスの質量分率カウンター図

メッシュの運動を定義するには、エンジンメーカーの指定するパラメータとともに、組み込みのユーザー定義関数(UDF)を使用して、ピストンの上の流体ゾーンで剛体の周期運動を規定します。セル数をできるだけ減らし、流れを適切に解像するために、ピストン運動に従ってダイナミックレイヤリング法を使用します。図 2 では、ピストンの下死点への移動に従い灰色の領域のプリズムレイヤーが伸ばされたり追加され、ピストンの上死点への移動に従いセルが縮んだり、領域から削除されたりします。形状の下部は、ヘキサ(6 面体)セルでメッシュ生成されます。ジオメトリの他の部分では、テトラ(4 面体)メッシュが使用されます。全体のセル数は、ピストンが上死点にある時の 14 万 1,000 個から下死点にある時の 18 万個の間で変化します。

流れの計算では、入口境界と出口境界に圧力境界条件を適用しま

す。排気孔と燃焼室(図 1 のピストンの上部)は既燃ガスで初期化し、吸気孔とクランクケース(図 2 のピンクで示された部分)は新鮮な空気で初期化します。乱流を捉えるに

は、標準 k- ϵ モデルを使用します。図 3 は、エン

ジン中心断面における既燃ガスの質量分率カウンター図の連続スナップショットです。図から分かるように、最初、エンジン上部には既燃ガス(赤)が、エンジン下部には新鮮な空気(青)が充満しています。ピストンが上死点から下死点に移動するにつれて吸気孔が開いて新鮮な空気が流入し、既燃ガスは排気孔から押し出されます。

図 4 は、同じ断面の速度ベクトルの連続スナップショットです。これを通して調べれば、吸気孔から流入する流れが既燃ガスを排気孔に孔からの運動量は、最初に右上にある 3 枚目の図で観察されます。この時点で吸気孔の開口が始

まり、その結果、燃焼室内の流れは急激に変化します。それに続く数枚の図では、ピストンが下降して、上死点への復帰運動を開始する間に排気通路への既燃ガスの押し出しが顕著になります。

以上、FLUENT 6.1 のダイナミックメッシュを使用した、2 ストローク内燃エンジンの掃気プロセスのシミュレーションをご紹介します。入口からの流れが前サイクルから残る燃焼室の既燃ガスを掃気する機能を、適切に示すことができました。このモデルは簡単で使いやすく、設計エンジニアがエンジンサイクル中の掃気プロセスや他のプロセスを調査するのに有益な機会を提供するでしょう。本事例のような結果は、エンジン効率を改善するための設計変更役に役立つと期待されます。

資料提供: Mercury Marine

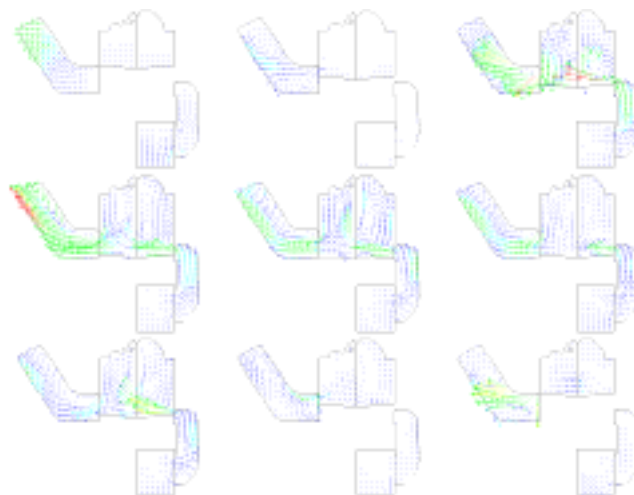


図 4: エンジンサイクル中の 9 つの時点でのエンジン中心断面における速度ベクトル図