

空調冷却水の制御バルブ

ここでは、自動車の空調冷却水を制御するバルブを通る流れについて、FLUENT 6.0 を使用して解析します。このバルブは、ドライバーと乗客がそれぞれ温度を設定できるよう二重制御装置を備えているため、2 個のバルブスプールが独立して作動します。FLUENT の移動メッシュ機能を利用し、これらのバルブスプールの動きのシミュレーションを実施しました。得られた結果は、この重要なソフトウェア機能の有用性を示すものでした。

資料提供：Robert Bosch Corporation および Visteon Corporation

本事例で紹介する制御バルブは、自動車の空調システムのヒータコアに流入する高温のエンジン冷却水の量を制御して、客室に流入する空気の温度を調節するものです。この種のバルブは、デュアルゾーン空調コントロールを備えた車両に使用されます。冷却水の流れは、ドライバーと乗客がそれぞれ温度を調節できるよう別々のヒータコアに分岐します。2 個のバルブスプールが、2 つのヒータコアを流れる冷却水をそれぞれ制御します。ドライバーと乗客が選択した温度レベルに合わせてバルブスプールを開閉し、適切な量の高温のエンジン冷却水を各ヒータコアへ流します。

制御バルブ内の流れを可視化して、デザインと性能の改善の決め手となるような洞察を得るべく、CFD を利用しました。スプールの移動によって非定常の流れ場が生じます。この挙動を正しくとらえるために、FLUENT 6.0 のベータ機能である移動メッシュモデルを採用しました。この機能を利用すれば、可動

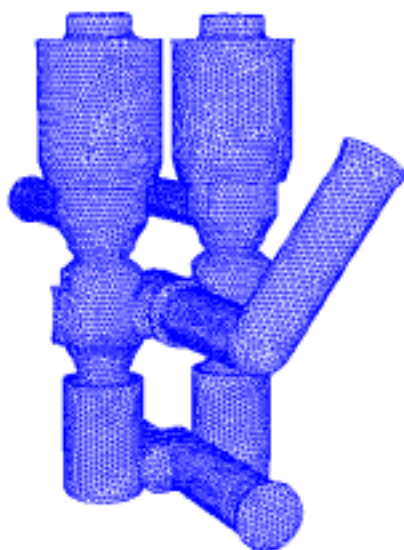


図 1: 制御バルブのサーフェスマッシュ。
1 本の曲がった入口パイプが前方にある。また、3 本の出口パイプは、1 本が前方下に、2 本が後方にある。

部を持つ装置における流れの正確な計算が可能になり、静止位置にある非変形メッシュを使用した定常解析よりはるかに現実的な解析が実現します。

バルブには 1 つの入口ポートと、図 2 で A, B, C と記した 3 つの出口ポートがあります。2 個のバルブス

プールが、出口 A と出口 B への流れを制御します。バルブスプールのメッシュ運動を考慮するために、FLUENT のプロファイルを使用して、これらの部品を示す壁ゾーンの剛体運動を記述しました。プロファイルを使用すると、移動壁の形状の平行移動を時間の関数として記述できます。(必要に応じて、移動壁ゾーンの運動もユーザー定義関数によって記述できます)。次に、変形ボリユームのリメッシュスキームを選択しました。リメッシュスキームは、メッシュ境界の移動に応じてメッシュボリユームが変形する方法を指定します。FLUENT 6.0 は、このためのオプションをいくつか備えています：

- a) 接続性を保ちながらノードを移動
- b) メッシュの変形に応じて流体領域を局所的にリメッシュ
- c) 移動壁ゾーンに隣接するセルレイヤーを追加

これらのスキームを単独で、または、組み合わせて使用すれば、ユーザーはシミュレーション全体を通じて最高の品質のメッシュを使用できます。この例ではスキーム a)および b)を使用しました。

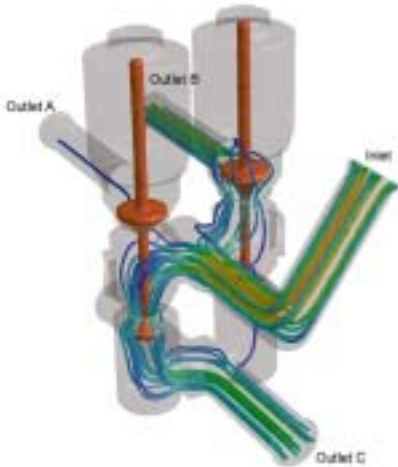


図 2: 右側のバルブを開け、左側のバルブを閉じた時の流れを示すパストライン

メッシュ運動とリメッシュスキームを定義してから、FLUENT 6.0 のメッシュプレビュー機能を利用しました。この機能は、流れの物理的性質を計算せずにメッシュ運動全体を通じた反復処理を行うので、ユーザーは短時間でシミュレーション全体のメッシュ運動を可視化し、メッシュ品質を確認できます。メッシュプレビューが完了した後、流れの計算を開始しました。

このシミュレーションでは、非圧縮性の冷却水が規定された質量流量でバルブに流入すると仮定しました。この非定常シミュレーションの完了には約 7CPU 時間を要しました。FLUENT 6.0 で新たに備わったオートマティックなアニメーションツ

ールを使用し、非定常解析全体を通じて、あらかじめ定められた点におけるメッシュおよび流れの変数データを保存しました。このデータから作成した AVI や MPEG のような一般的形式のグラフィックやアニメーションを通じて、エンジニアはバルブスプールの運動による流れ場の時間的変化を明確に把握できました。

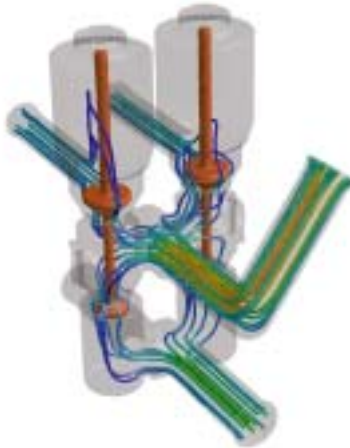


図 3: 両方のバルブが半開放のときの流れを示すパストライン

図 1 に制御バルブのサーフェスマッシュを示します。このメッシュは制御バルブの CAD 形状に基づき、TGrid にインポートされます。TGrid を使用して、約 170,000 セルからなる 3 次元テトラ(4 面体)メッシュを生成しました。

図 2 から図 4 は、サイクル中の各時点での流れ場を示します。これらの図から、バルブスプールによって流れが方向転換して複数の出口に分岐するようすが分かります。バルブスプールを開閉して希望する出口に流れを向け、それによってドライバー側と乗客側のヒータコアに向かう冷却水の流れを調節します。図 2 は、左側のバルブスプールを閉じ

右側のバルブスプールを開けた時の流れ場です。流れは入口ポートから入って、出口 B と出口 C から出て行きます。図 3 は 2 つのバルブスプールを半開放にしたときの流れ場です。流れは、3 つの出口すべてから出て行きます。図 4 は、左側のバルブスプールを開け右側のバルブスプールを閉じた時の流れ場です。流れは入口ポートからバルブに入り、出口 A と出口 C から出て行きます。

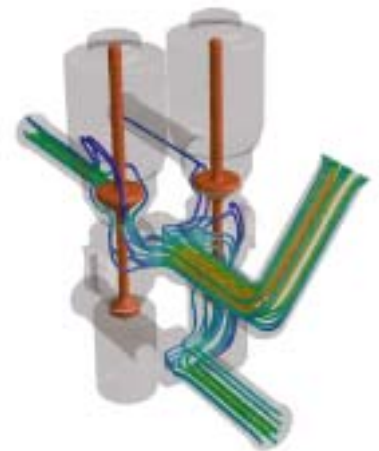


図 4: 右側のバルブを閉じ、左側のバルブを開けた時の流れを示すパストライン

ここでは、FLUENT 6.0 の変形メッシュ機能を紹介しました。この機能を使用すれば、完全な非定常解析を実施し、可動部によって生じた流れの特徴をより正確に把握できます。定常解析と比較した場合、変形メッシュ解析では、バルブ、ポンプ、内燃エンジンのような可動部を備えた装置内の流れをより現実に近い形でとらえることができます。