

冷却解析の精度向上

概要

Autodesk Moldflow Insight 2011 では、回路と金型・パーツ間の解析をより密に連携させることで、冷却解析の精度が向上しました。これにより、結果を得るまでのグローバル解析の反復回数が増加しています。長くなった解析時間を相殺するために、空きメモリを使用して境界要素マトリクスの処理を高速化しています。十分な空きメモリがない場合は、ソルバは旧リリースと同様にハードディスクを利用して Out-of-Core (アウトオブコア) で解析を実行します。すなわち、冷却解析の精度が全体的に向上したことに加え、システムに十分な空きメモリがあれば、総解析時間も短縮されることになります。

はじめに

中立面、Dual Domain、3D 冷却ソルバにおける冷媒温度分布の精度が向上しました。回路冷媒温度の計算と金型温度の計算の連携が強化されました。この変更は、パーツと金型の温度分布にはそれほど大きく影響しません。しかし、冷媒温度の結果には大きな向上があり、特に効果が大きいのは、冷却管とパーツの位置が近い場合です。この機能強化の結果、回路アルゴリズムによって、金型の回路設計を最適化できるようになりました。ユーザに今回の機能強化を存分に活用していただけるよう、これらのデータセットによって、金型から回路への熱流束も表示できるようになりました。解析の概要には、各回路から移動する熱総量と外部境界から移動する熱総量もレポートされます。これにより、特定の設計ごとの冷却要件がより判断しやすくなっています。

今回の機能強化により、回路のアルゴリズム解析と金型・パーツ解析に必要な解析の反復回数が増加しています。回路解析と金型解析に強い相互作用がある場合は、ソルバのパフォーマンスにその分の影響が及び、解析時間が長くなります。このパフォーマンスの低下を相殺するため、コンピュータのメモリをより効率的に使用できるようになりました。

Autodesk Moldflow のすべての冷却ソルバ(中立面、Dual Domain、3D)は、境界要素法を用いて金型内の温度分布を解析します。境界要素法による解析のシステムマトリクスは完全に入力され、非対称です。各要素はモデル内の他のすべての要素に影響するため、マトリクスは非常に大規模化しますが、メモリを節約する目的で制限することはできません。また、旧リリースでは、この境界要素マトリクス群はハードディスクに保存されていました。反復法によるマトリクスソルバはこれらの境界要素マトリクスを解析する際、ハードディスクからマトリクスの各行を読み込み、その行の温度解析を更新した後で、次の行を読み込みます。このプロセスが、解析が収束するまで繰り返されます。このようにハードディスクへのアクセスが一定量続くと、コンピュータのメモリは空いているにも関わらず、解析速度が大幅に低下してしまいます。

Autodesk Moldflow 2011 では、冷却ソルバが空きメモリを測定して、解析に必要なメモリ量を計算します。可能な限り、解析はコンピュータのメモリ容量内で実行されます。この場合、解析はより高速に処理されます。メモリの空き容量が十分でない場合は、解析はハードディスク上で実行されるため、旧バージョンと同程度のパフォーマンスになると予想されます。

検証

塵取りの Dual Domain モデルを例に、冷却解析の精度の向上を検証してみましょう。このモデルは、パーツにきわめて近い位置に冷却回路が設計されています(図 1)。このようにパーツと回路の位置が近い方が、精度向上の効果がより顕著に現れます。回路の温度、金型の温度、解析時間を、Autodesk Moldflow Insight 2011 と Autodesk Moldflow Insight 2010 Release 2 で比較します。

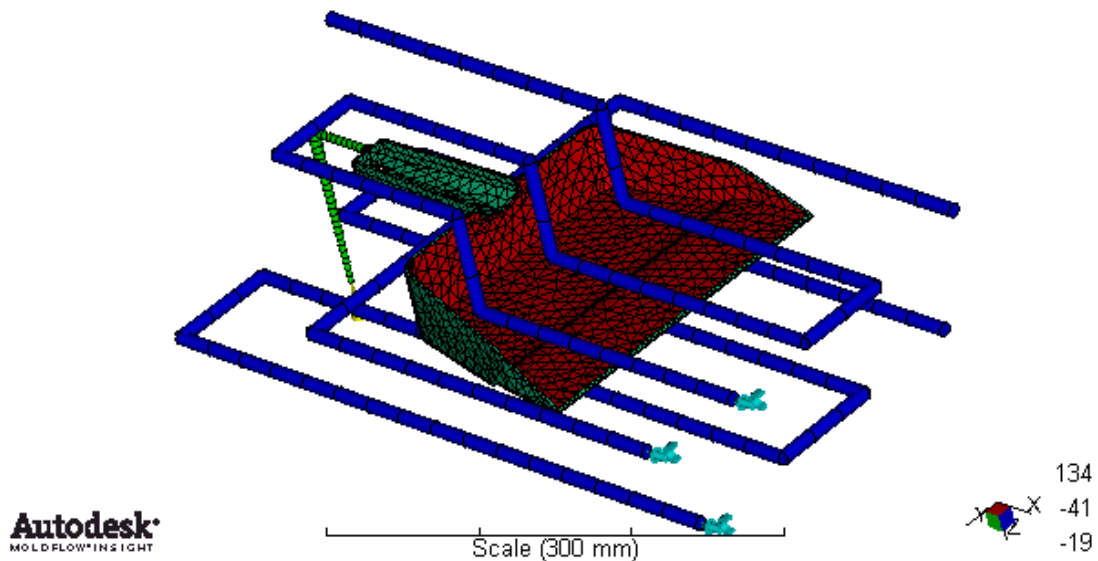


図 1. パーツに近い位置に 3 回路 が設計された塵取りのモデル

回路冷媒温度の解析結果

Autodesk Moldflow Insight 2011 (図 2)と Autodesk Moldflow Insight 2010 Release 2 (図 3)の解析結果の回路冷媒温度を比較すると、2011 の方がはるかに正確に回路内の冷媒温度の上昇を予測できていることが分かります。旧バージョンではパーツ、金型、回路間の冷却解析が 5 回繰り返されたのに対し、2011 ではそれらの解析がより密に連携し 6 回繰り返されています。このように、2011 の方が、収束に至るまでにより多くの回路解析が実行されます。

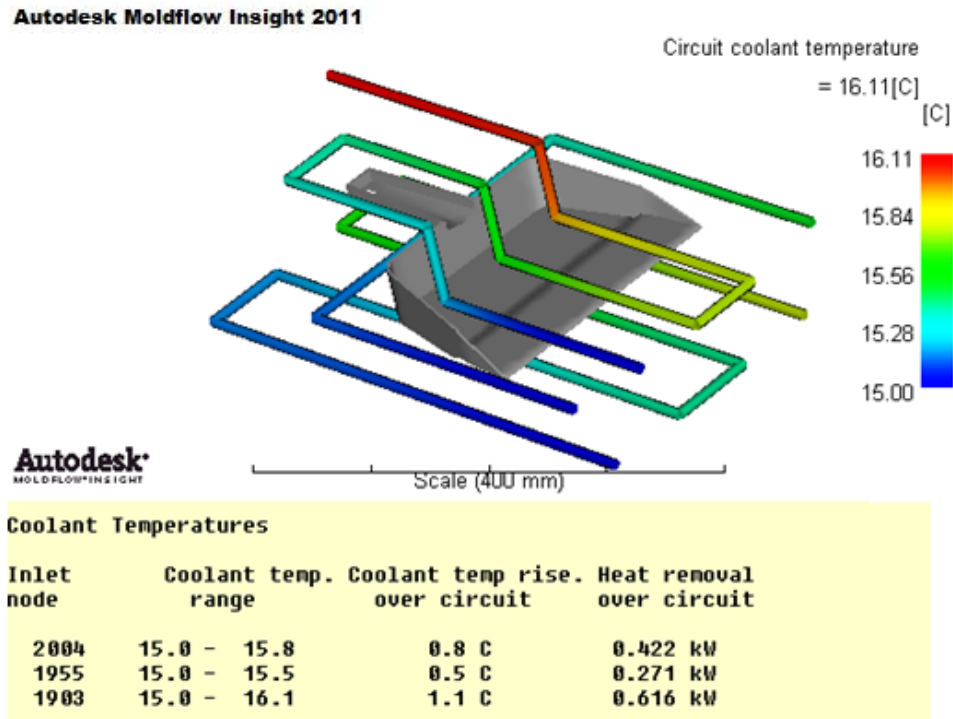


図 2. Autodesk Moldflow Insight 2011 で予測された塵取りモデルの回路冷媒温度

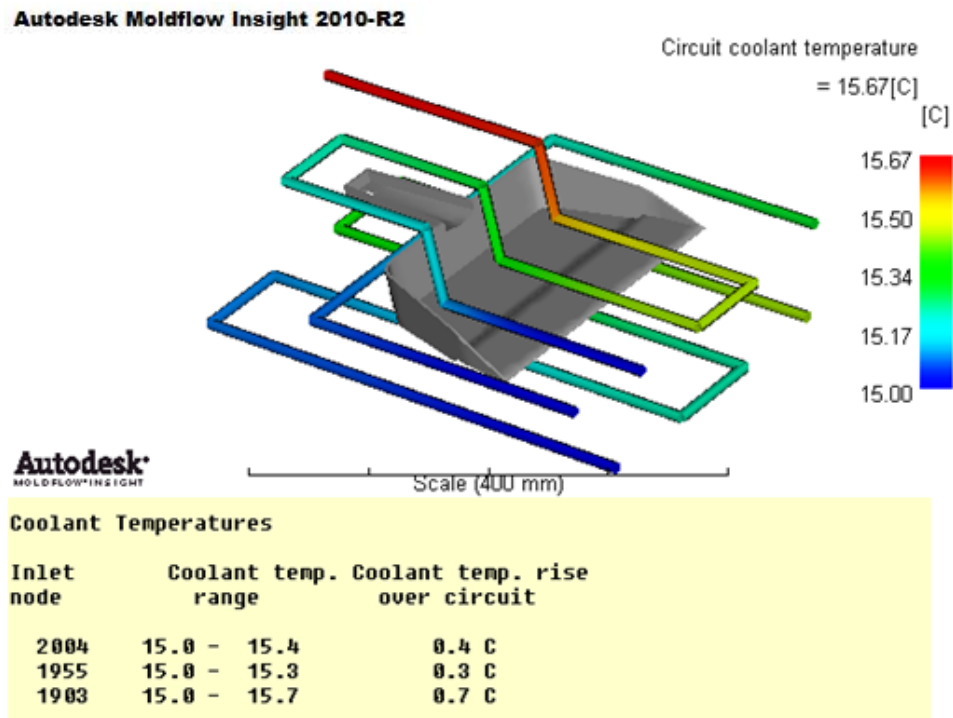


図 3. Autodesk Moldflow Insight 2010 リリース 2 で予測された塵取りモデルの回路冷媒温度

表 1 は、金型のエネルギー バランスを示しています。 パーツから金型への熱移動と金型から回路への熱移動を比べてみましょう。 便宜上、金型に入る熱を負の値、金型から出ていく熱を正の値で表記しています。 さらに、この例では回路の入り口の冷媒温度が 15 度で、金型の外部境界と接する空気の温度 25

度よりも低いため、外部境界を通じて金型へ熱が移動しています。エラー結果のパーセンテージから、Autodesk Moldflow Insight 2011の方がより正確な解析結果が得られることが分かります。図2は、画面出力とサマリーファイルに表示される熱移動の結果を示しています。

表 1. 塵取りモデルの熱流束の検証

Heat Flux (KW)熱流束 (kW)	Autodesk Moldflow Insight 2011 Autodesk Moldflow Insight 2011	Autodesk Moldflow Insight 2010, Release 2 Autodesk Moldflow Insight 2010, Release 2
パーツ	-1.2455	-1.2526
回路	1.3093	1.2771
外部境界	-0.0651	-0.0708
エラー(%)	0.1044	3.6963

さらに Autodesk Moldflow Insight 2011 では、**回路の熱流束**をもとに、冷却管に移動する熱流束も表示できるようになりました(図4)。このプロットを見ると、金型の熱のほとんどがパーツに最も近い回路に移動していることが分かります。

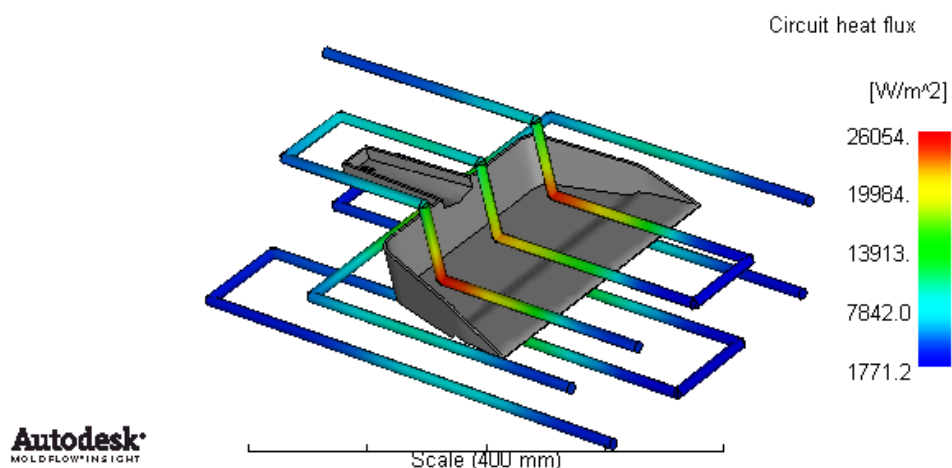


図 4. 回路の熱流束の結果から、金型から回路に移動する熱量が分かります。

金型温度の改善

パーツと接触する金型の温度を比較すると、Autodesk Moldflow Insight 2011 (図5)の方が旧バージョン(図6)よりも、高温部分の温度が若干高いことが分かります。また、低温部分についても今回のリリースの方が、温度が高くなっています。キャビティの平均表面温度も、2011の予測結果は Autodesk Moldflow Insight 2010 Release 2 よりも 1.13 度高くなりました。いずれの結果も温度分布パターンは同じで、違いは温度の値だけです。また、表1のエラー結果のパーセンテージから、Autodesk Moldflow Insight 2011の方がより正確な解析結果が得られることが分かります。

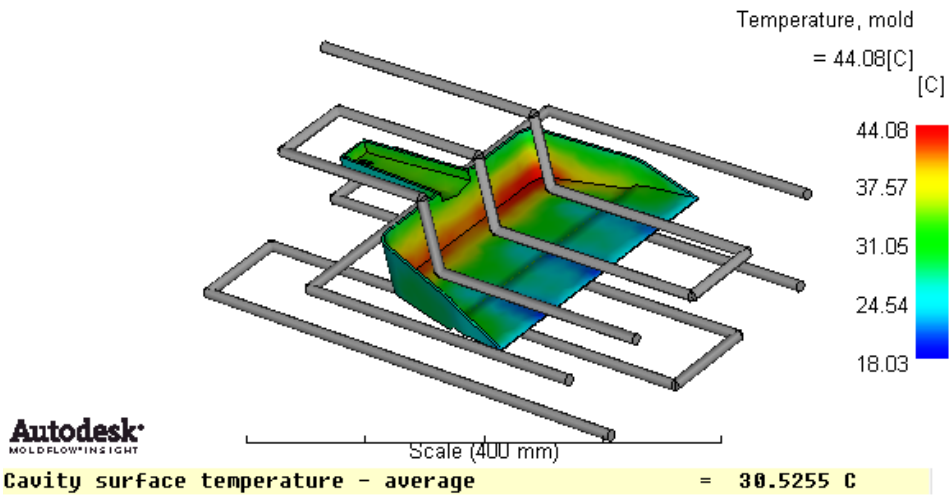


図 5. Autodesk Moldflow Insight 2011 で予測された塵取りモデルの金型温度

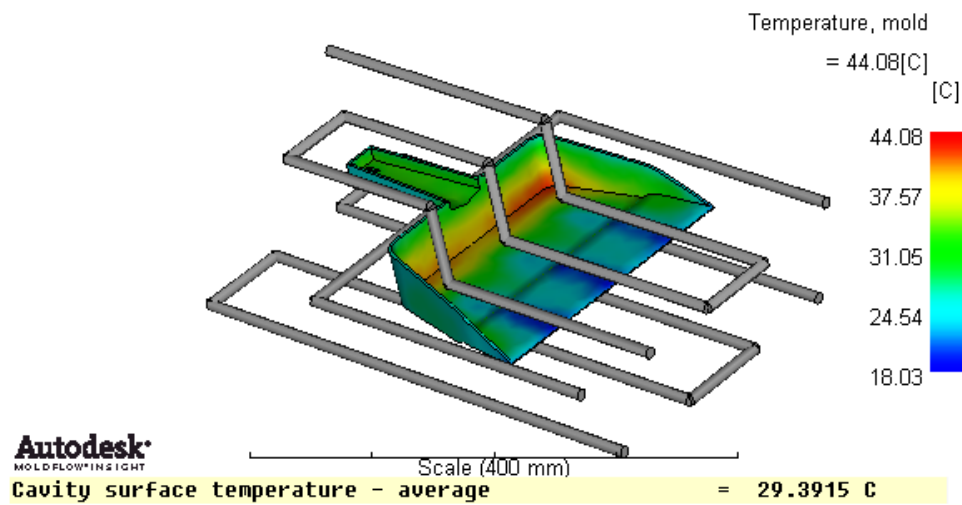


図 6. Autodesk Moldflow Insight 2010 Release 2 で予測された塵取りモデルの金型温度

解析時間とメモリ使用の改善

回路と金型間の解析をより密に連成させるために、収束に至るまでに解析をより多く繰り返す必要があります。この例のように冷却管とパーツの位置が近い場合は特にその傾向が強くなります。この反復回数の増加にほぼ比例して、解析時間も長くなります。この解析時間の増加を相殺するために、Autodesk Moldflow Insight 2010 Release 2 ではハードディスク上で解析していた境界要素マトリクスを、Autodesk Moldflow Insight 2011 ではメモリを使って解析しています。2011 のメモリ内解析に必要なだけの空きメモリがない場合は、自動的にハードディスクを使用したマトリクス解析に切り替えられます。

表 2. 解析時間とメモリの比較

	Autodesk Moldflow Insight 2011 Autodesk Moldflow Insight 2011	Autodesk Moldflow Insight 2010, Release 2 Autodesk Moldflow Insight 2010, Release 2
グローバル反復	6	5
ローカル反復	22	19
解析メモリ	69 MB	37 MB
CPU 時間	5.91 秒	7.61 秒
解析時間	7 秒	33 秒

表 2 を見ると、2011 では旧バージョンと比べてグローバル反復が 1 回、ローカル反復が 3 回多く実行されていることが分かります。それにも関わらず、2011 の解析時間は旧リリースの 1/4 以下に短縮されています。また、CPU 時間も減っています。この原因は計算のオーバーヘッドです。旧バージョンではマトリクス解析がハードディスク上で行われるため、大きなオーバーヘッドが生じます。また、2011 は旧バージョンよりも多くのメモリを使用している点に注目してください。これは予想どおりの結果です。モデルが大きく、十分な空きメモリがない場合は、マトリクスは旧バージョンと同様にハードディスクで解析が実行されます。その場合は、Autodesk Moldflow Insight 2011 の方の反復回数が増えた分、処理時間も長くなります。

このレポートの塵取りのモデルの結果は、今回のリリースでの機能強化による効果を示す一例にすぎず、すべてのモデルがこのモデルとまったく同じ結果になるとは限りません。一般に、回路とパーツの位置が近く、サイクル時間が比較的短い方が、この例のように冷媒温度と金型温度の差がより顕著に現れます。逆に回路とパーツが離れている場合は、2 つのバージョンの予測結果の差は小さくなります。冷却ソルバの特性上、このモデルの時間短縮とメモリ使用量を他のモデルに当てはめることはできません。解析時間の短縮は、中立面 モデルと Dual Domain モデルでより顕著に見られます。3D モデルの場合は、金型と回路の境界要素解析よりも、3D パーツの流束解析に多くの時間がかかります。3D パーツの流束解析は、金型の境界要素解析と比べると非常に低速です。

まとめ

Autodesk Moldflow Insight 2011 では、回路温度解析と金型温度解析の連成を強化することで、冷却解析の精度が向上しています。解析時間の増加を相殺するために、マトリクス解析は空きメモリを使用して行われます。これにより、十分な空きメモリがある場合は解析時間を大幅に短縮できます。このレポートでは、そうした機能強化による効果を検証しました。

改訂日: 2011 年 8 月

© 2011 Autodesk, Inc. All rights reserved.

このドキュメントのすべて、または本ドキュメントの一部は、オートデスクの許可がある場合を除き、いかなる形式、方法、目的でも複製することはできないものとします。

商標

Autodesk、Moldflow は、米国および/またはその他の国々における、Autodesk, Inc. の登録商標または商標です。その他のすべてのブランド名、製品名、または商標は、それぞれの所有者に帰属します。その他のすべてのブランド名、製品名、または商標は、それぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、通知を行うことなくいつでも該当製品およびサービスの提供、機能および価格を変更する権利を留保し、本書中の誤植または図表の誤りについて責任を負いません。

免責事項

オートデスクは、このドキュメントおよびドキュメントに含まれる情報を「現状有姿」で提供し、これらのマテリアルについて、商品性および特定目的適合性に関する黙示的保証を含む（ただしこれに限定されない）、一切の明示的または黙示的保証を行わないものとします。