

検証レポート

3D 充填ソルバのパフォーマンス検証

概要

Autodesk Moldflow Insight 2011 では、3D 充填連成ソルバの精度が向上し、さらに新機能が追加されたことで、解析時間が改善されています。テストモデルによっては、以前より時間がかかる場合もあれば、逆に前より短い時間で解析できる場合もあります。全体的には、平均処理速度は、わずかな改善に留まっています。しかしながら、今回のリリースでは並列処理技術を使用するオプションと GPU (グラフィックス プロセッシング ユニット)を使用するオプションが既定値でオンになっているため、シングルスレッド処理速度の多少の低下は相殺されています。並列処理については、[並列化のためのスレッド数]オプションがデフォルトで[自動]に設定されています。[自動]に設定することで、コンピュータに過剰な負荷をかけることなく使用できるスレッド数がタイム ステップごとに知的に特定されます。GPU テクノロジーに関しては、[GPU の使用(利用可能な場合)]オプションが既定値でオンになっています。そのため、ソルバの設定をデフォルトのまま使用していれば、旧バージョンと比べて速度の向上を実感できるはずです。並列処理のみを有効にしたときの速度向上(旧バージョンの処理時間 ÷ 現バージョンの処理時間)は平均 1.68 という結果が出ています。さらに GPU も有効にすることで、平均 1.46 の速度向上が期待できます。

はじめに

今回のリリースでは、解析対象によって、Autodesk Moldflow Plastic Insight 2010 Release 2 と比べ、短時間で解析できる場合と、逆に解析に時間がかかる場合があります。これは、次のような改良点によるものです。

- フロー フロントの進展をタイム ステップごとに計算するレベル セット法が採用されたことで、解析精度が向上しました。処理速度への影響は、解析するモデルとソルバのパラメータ設定によって違ってきます。特に[慣性効果のシミュレーション]オプションをオンにした場合は、通常は処理時間が長くなります。ソルバの精度についての詳細は、検証レポート「[Autodesk Moldflow Insight 2011: 3D 流体ソルバにおけるフロー フロント予測](#)」を参照してください。
- ヒケとウェルド ラインの計算に関する 2 つの新機能が追加されました。これにより、処理時間が長くなっています。

ソルバの処理速度の低下は、並列処理技術を自動的に使用することで、軽減することができます。Autodesk Moldflow Insight 2011 では、[並列化のためのスレッド数]オプションがデフォルトで[自動]に設定されています。この設定では、コンピュータに過剰な負荷をかけることなく使用できるスレッド数がタイム ステップごとに知的に特定されます。使用するスレッド数は、他のプロセスがコンピュータに与える負荷を計算に入れたうえで決定されます。これにより、2011 バージョンでは、旧バージョンにおいてデフォルトのソルバ設定を使用した場合と比べると、解析時間が短縮されています。また、並列処理の精度も旧バージョンよりも向上しています。たとえば、旧バージョンでは使用するスレッド数によって解析結果に若干の違いが生じていましたが、2011 バージョンではそのようなことはありません。

また、今回のバージョンでは[GPU の使用(利用可能な場合)]オプションがデフォルトでオンになっています。サポートされている GPU がコンピュータに搭載されていれば、その GPU が自動的に解析に使用されます。さらに、GPU がより効率的に使用されるようになっています。旧バージョンでは、モデルが大きすぎて GPU メモリで処理できそうにない場合は、GPU 自体がまったく使用されませんでした。しかし、2011 バージョンでは、解析に必要なメモリが GPU の容量を超えるまでは GPU が使用されます。たとえば、GPU カードのメモリ サイズが足りず、モデル全体を解析に処理できない場合は、メモリ使用量のより少ないタイム ステップのみに GPU を使用し、モデルが部分的に処理されます。そして、GPU メモリの最大値に到達すると、GPU の代わりにコンピュータの通常の CPU を使って解析が続行されます。

このドキュメントでは、速度の向上を速度改善と解釈しています。速度の向上は、「旧バージョンの処理時間 ÷ 現

バージョンの処理時間」として計算されます。

検証

さまざまなシナリオを想定し、メッシュ サイズの異なる 14 のモデルを、速度改善の比較のために解析対象としました。速度の向上をより正確に評価するために、CPU や GPU を多用するプログラムがコンピュータ上で実行されていない状態で、モデルを 1 つずつ解析しました。

使用したのは、NVIDIA Tesla C1060 GPU カードを搭載したクアッド コアの Core i7 Extreme コンピュータです。コンピュータと GPU カードの仕様は 表 1 のとおりです。

表 1 パフォーマンス測定に使用したコンピュータの仕様

オペレーティング システム	Microsoft Windows Vista 64 bit
プロセッサ	クアッド コアの Core i7 Extreme CPU @ 3.2GHz
L3 キャッシュ	8 MB
RAM	12 GB
GPU デバイス	NVIDIA Tesla C 1060
総 GPU メモリサイズ	4 GB
GPU マルチプロセッサ数	30
GPU コア数	240
GPU メモリ帯域幅	102 GB/s

図 1 は、GPU を使わずに、1 CPU スレッドと 4 CPU スレッドで解析を実行した場合の速度向上の値をグラフにしたもので、このグラフの 4 スレッドの結果は、今回のリリースの 1 スレッドと 4 スレッドの比較結果ではなく、今回のバージョンで 4 スレッドを使用した場合と旧バージョンで 4 スレッドを使用した場合を比べたときの速度向上の値です。また、速度向上値がおよそ 0.4 ときわめて低いモデル(四面体要素数 1,276,948)については、解析ソルバのパラメータの[慣性効果のシミュレーション]オプションをオンにしています。今回バージョンは、慣性シミュレーションをオンにした場合には、解析結果の精度が向上していますが、処理時間は長くなっています。

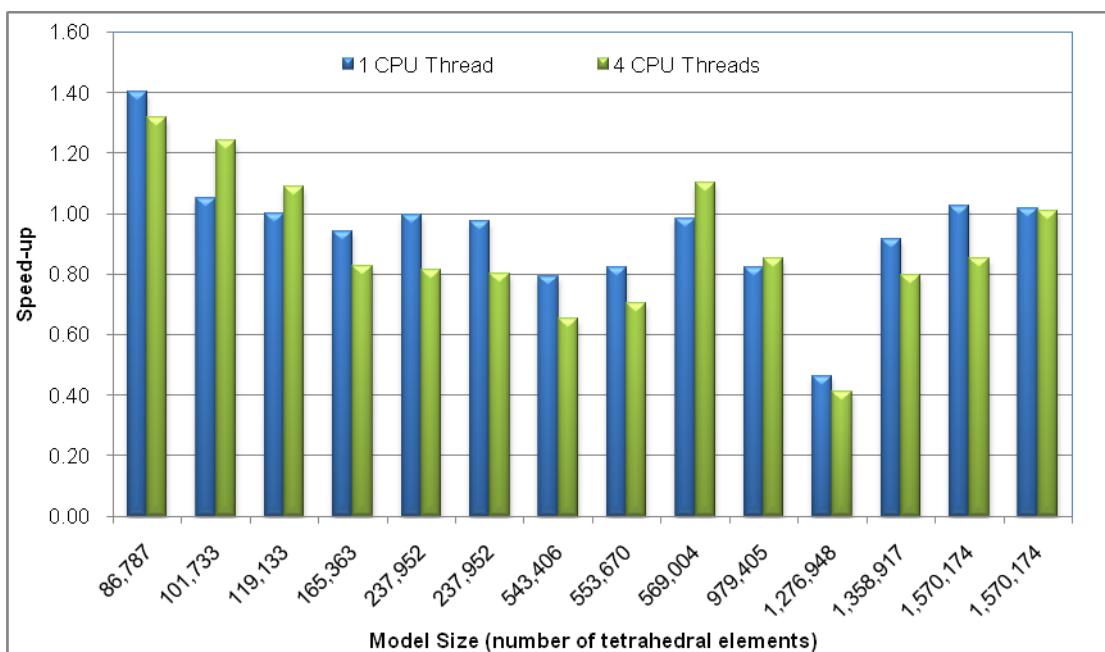


図 1: CPU のみを 1 スレッドと 4 スレッドで使用した場合の Autodesk Moldflow Plastic Insight 2010 Release 2 サービス パック 1 との比較

今回の改良により、GPU 技術を使用した場合の解析時間にも影響が出ています。図 2 は、1 CPU スレッドと 4 CPU スレッドをそれぞれ GPU と併用したときの速度向上値をまとめたグラフです。このグラフの 4 スレッドの速度向上値もまた、旧バージョンで 4 スレッドを使用した場合の解析時間との比較結果です。

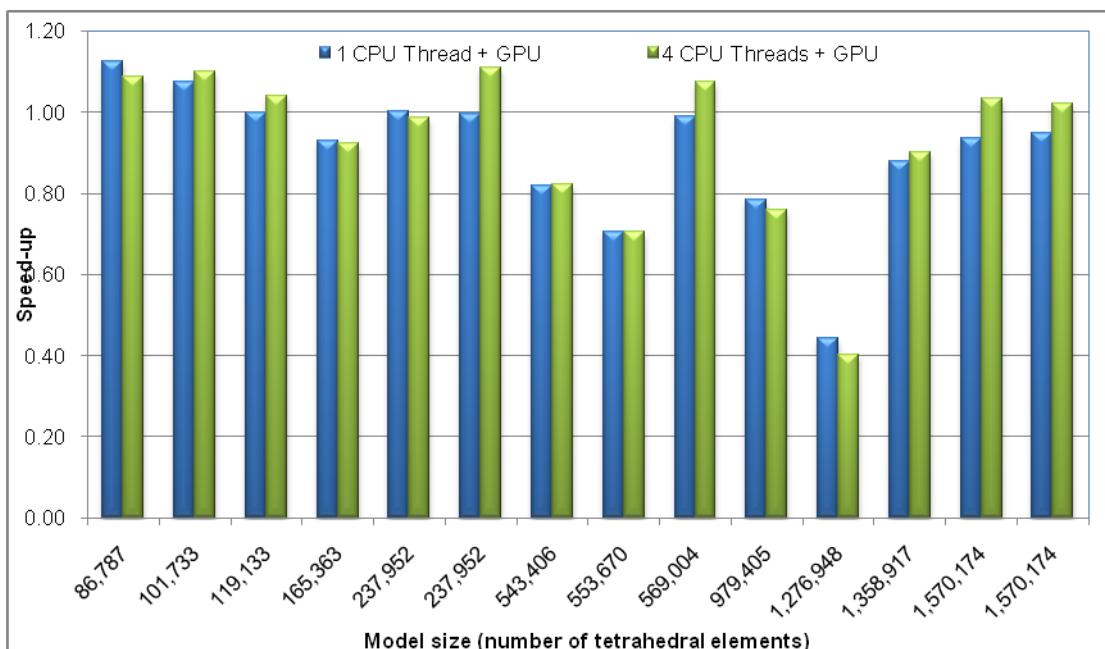


図 2: 1 スレッドと 4 スレッドをそれぞれ GPU と併用した場合の Autodesk Moldflow Plastic Insight 2010 Release 2 サービス パック 1 との比較

2011 バージョンでは、[並列化のためのスレッド数]オプションがデフォルトで[自動]に設定されています。旧バ

ジョンの既定値の 1 スレッドと比べると、解析時間は短縮されています。したがって、デフォルト設定で解析を実行した際、速度の向上を実感するはずです。

さらに、2011 バージョンでは[GPU の使用(利用可能な場合)]オプションがデフォルトでオンになっています。サポートしている GPU がコンピュータに搭載されていれば、デフォルト設定における解析で、速度の向上に気づきます。

旧バージョンでソルバをデフォルトの設定で解析したときの処理時間と、現バージョンの新しいソルバをデフォルトの設定で解析したときの処理時間を比較すると、GPU を使用しない場合の平均速度向上は 1.68 (最小 0.73、最大 2.48)という結果になりました。慣性効果のシミュレーションをオンにして解析したモデルを除くと、平均速度向上は 1.75 (最小 1.33、最大 2.48)になります。

同様に、GPU を使用した場合の平均速度向上は 1.46 (最小 0.68、最大 2.11)。慣性効果をオンにして解析したモデルを除くと、平均速度向上は 1.52 (最小 1.24、最大 2.11)という結果になりました。これらの値をまとめたグラフが 図 3 です。

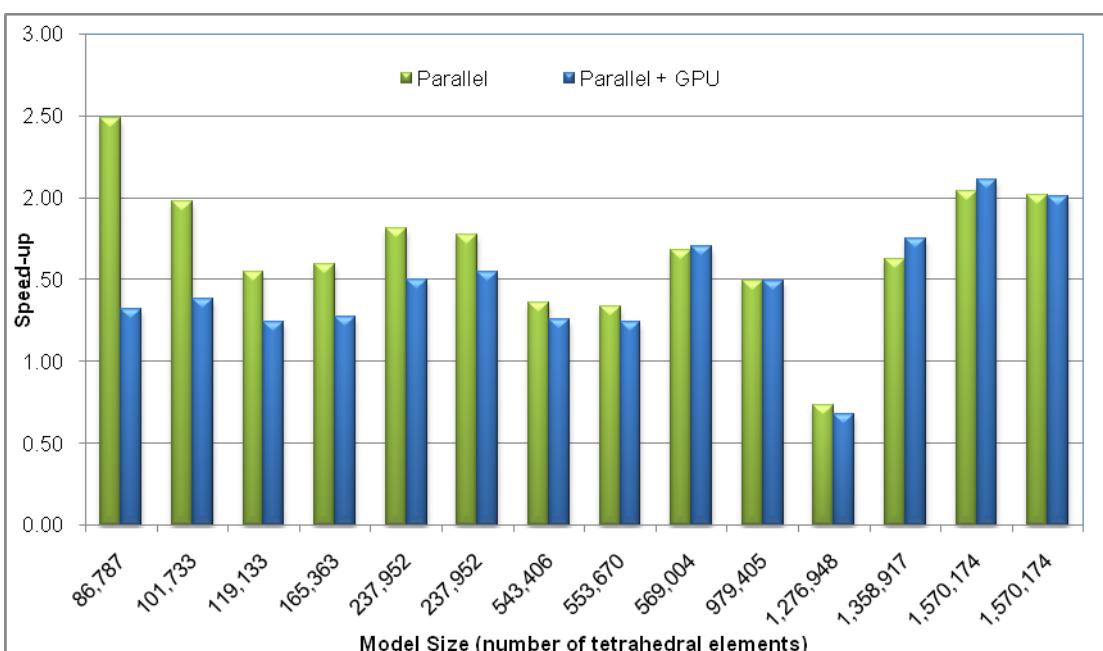


図 3: ソルバのパラメータをデフォルトのままで使用した場合の Autodesk Moldflow Plastic Insight 2010 Release 2 サービス パック 1 との比較

考察

2011 バージョンとなり、解析時間に影響が生じていることは明らかです。解析対象によって、旧バージョンよりも時間がかかる場合もありますが、逆に短時間で解析できる場合もあります。概して、これまで解析速度のボトルネックになっていたのは速度/圧力マトリクス ソルバです。速度向上の大半は、このマトリクス ソルバの並列化と GPU の使用によって高度な数値計算を処理することで実現されているため、それぞれのケースの速度向上値は、この速度/圧力マトリクスを解く時間に影響(比例)します。多くのケースでは、全体的な解析精度の向上に加え、ヒケおよびウェルド ライン計算の新機能が追加されたことで、この影響は低くなっています。そのため、図 1、図 2 のデータを比較しても分かるように、バージョン間の速度向上は GPU よりも CPU によるところが大きいと言えます。

また、今回のリリースでは、マルチスレッドの使用によって生じていた解析結果の相違が解消されています。テストしたすべてのモデルで、マルチスレッドによる結果の違いは見られませんでした。

さらに、速度向上はコンピュータと GPU の仕様にも左右されます。小さなモデルや標準的なサイズのモデルであれば、GPU カードよりも高速な CPU を搭載したコンピュータの方がより効率的に解析を実行できます。逆に CPU の速度が遅い場合は、同じモデルでも GPU を使用した方が効率的です。したがって、CPU と GPU の組み合せが異なると、速度向上の値も違ってきます。ここで紹介したテストでは、GPU を使用した場合の平均速度向上は 1.46 と、GPU を使用しない場合の 1.68 よりも低くなっています。これは、CPU (クアッド コアの Core i7) が比較的高速なためです。同じ 14 個のモデルを、より性能の低いコンピュータでも解析してみました (Intel Xeon CPU X5472 @ 3.0 GHz、Quadro FX 5800 GPU カード搭載)。Quadro GPU カードの仕様は、Tesla C1060 とほぼ同様です。この場合は、平均速度向上は GPU を使用した場合が 1.81、GPU を使用しない場合が 1.70 でした。

まとめ

i7 Extreme @ 3.2 GHz、Tesla C 1060 GPU カード搭載のコンピュータでは、Autodesk Moldflow Insight 2011 は一部のモデルを除いた多くのモデルで解析時間が短縮されるという結果になりました。主な要因は、ヒケとウェルド ラインの計算に関する 2 つの新機能が追加されたことと、全体的な精度改善(特に慣性効果を解析に含めた場合)になります。また、2011 バージョンでは、並列処理を使用するオプションと GPU を使用するオプションがデフォルトでオンになっています。並列処理については新しいオプションが追加され、コンピュータに過剰な負荷をかけることなく、使用されるスレッド数がタイム ステップごとに知的に特定されるようになりました。

旧バージョンのソルバをデフォルト設定で解析したときの処理時間と、2011 バージョンの新しいソルバをデフォルト設定で解析したときの処理時間を比較すると、GPU を使用しない場合の平均速度向上は 1.68 (最小 0.73、最大 2.48) という結果となりました。一方、GPU を使用した場合の平均速度向上は 1.46 (最小 0.68、最大 2.11) でした。

シミュレーションでは精度もスピードも非常に重要です。今後のバージョンでもこの 2 要素のさらなる改善に努めていく所存です。

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。