

## ～ 完全ソリッド・高速・射出成形シミュレーション MAPS-3D ～ 「大衆化・射出成形 CAE」

アプライドデザイン(株) 代表取締役 三宅 昌昭

製造業のグローバル化に従って、ますます国内外での企業競争が激しくなっている。そこで、開発期間の短縮、高品質、コスト削減の目的で CAE が普及してきたが、CAE の専門的な知識が無い製品設計者や樹脂金型技術者にとって、実際的な製品形状に対する高精度な解析、CAD データ直接利用した容易な操作や射出成形 CAE の大衆化時代にマッチしたコストパフォーマンスは、今まで十分ではなかった。

このような環境の中、新世代の製品として完全ソリッド・高速射出成形解析 MAPS-3D が、開発された。1990 年以來の基礎研究プロジェクトを経て、既に欧州、アジア、南米、日本を始め世界中で多くの実績を上げ、成長発展して来ているが、その製品機能の特徴と概要を紹介する。

### なぜ、完全ソリッドの射出成形解析か？

従来のミッドプレーンモデル(中立面シェルメッシュ)は、ソリッド CAD との連携には向かない。実際的な製品形状は、中立面そのものが、不明瞭であり実際的な解析モデルの作成は多くの専門的な判断を要求されモデル作成コストが大きく、開発期間の短縮を求められる設計者には作成が困難であった。

また、表面メッシュモデルの簡易解析は、厚肉部、板厚の変化、突起部や変化に富む複雑詳細形状を持つ実際的な製品形状に対しては、期待する精度を得にくい。従って、実際的な形状に対して、容易に高精度の解を得るためには、直接ソリッドメッシュモデルで解析する必要がある。しかしながら、一般にソリッドの解析は、解析自由度が増加し、計算コ

ストが高くなる問題があったが、MAPS - 3D は、独自の高品質高速ソリッドメッシュテクノロジーと最新の高精度射出成形理論と反復ソルバーを採用し、高品質で高速解析解を実現している。

### MAPS-3D の主な特徴

MAPS-3D は、3次元 CAD データのプラスチック部品をダイレクトにソリッドメッシュ化し、デザイン設計、成形性、量産性や寸法安定性を高速、高精度にシミュレーションする新世代の3次元射出成形解析ソフトウェアである。射出成形プロセスで発生する様々な問題点(材料、部品形状、金型設計、成型条件など)を予めシミュレーションすることで、製造工程での試行錯誤を削減し、コスト低減と大幅な納期短縮を実現できる。

また、MAPS-3D は、充填、保圧、繊維配向、冷却工程、そりなどを解析することができる。充填時間、射出温度、型締力などの射出条件の最適化による製品品質の向上、そりや捻じれを少なく組立効率の良い製品設計を行うことや、最適冷却システムの設計による迅速で均等な冷却システムにより、サイクルタイムを削減し生産性を大幅に向上させる効果がある。特に、厚肉部品の対策としては、ゲートやランナーシステムの寸法を最適化することができる。成形工程でおきるショートショット、ウェルドライン、ガス溜りなどの様々な問題点を発見することができ、また、材料となる樹脂の詳細な特性情報を入力することで、製品設計から金型設計の段階に至る

までに発生する潜在的な問題を予測し、解決策を得ることができる。主な特徴を下記に示す。

### 1. 完全ソリッド解析モデル

- ・ 3Dソリッドモデルをダイレクトに解析モデル化することができる。
- ・ 従来のミッドプレーンモデルに対し飛躍的なモデリング時間の削減、また、表面メッシュモデルに対し厚肉製品に高精度な解析品質を実現できる。
- ・ ユーザーの解析技術に対する専門的な知識と経験は不要。初心者でも基本教育だけで簡単に使用できる。
- ・ 板厚方向に対して、独自の高精度な積層自動ソリッドメッシュを高速で行える。

### 2. 大規模解析モデル対応

- ・ 従来は、100万要素モデル程度以下に制限されていたモデルも、独自研究の高速解析テク

ノロジーにより、400万要素の大規模モデルまで容易に対応できる。図1は、自動車インスツルメンツパネル、図2は洗濯機洗濯層パネルの解析例である。

### 3. 高速解析

- ・ 欧州製の強力な高速自動メッシングを内蔵している。
- ・ ハイブリッド自動メッシング（ヘキサ、プリズム、ピラミッドやテトラ要素）に対応し、高精度で高速な解析を実現\*1。
- ・ 64ビット Windows OS やパラレル CPU 処理のサポートでさらに高速化できる\*1。

### 4. 高精度解析テクノロジー

- ・ 最先端の高精度射出成形理論を採用し高品質な解析結果を実現。

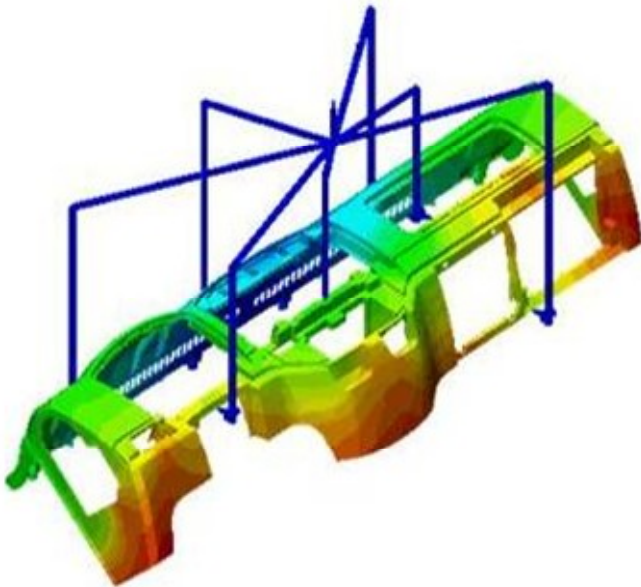


図1 自動車インスツルメンツパネルの解析例

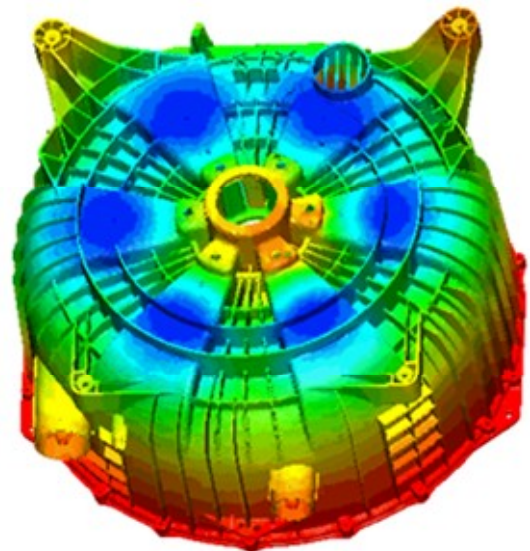


図2 電気洗濯機槽の解析事例

## 5. 日本語版による容易で強力な操作性 <sup>\*1</sup>

- プリ処理を独立させることにより、解析モデリングと解析処理を同時に使用することができる。また、ポスト処理は、ライセンスフリーの機能を提供しているので、クライアントサイトでのプレゼンテーションが容易にできるメリットがある。図3は、日本語ユーザーインターフェースの例である。
- 豊富なダイレクトインターフェースを提供。  
CAD IF : IGES, STEP, CATIA V4, CATIA V5, ProE, Inventor, VDA, ACIS, STL  
FEM IF : Nastran, Universal file, LS-Dyna
- バッチ解析機能サポートにより解析作業を効率化できる。
- HTML レポート自動生成機能をサポート。
- 3D CAD モデリング・編集機能も標準装備。

## 6. コストパフォーマンス

- 解析結果は、ライセンスフリーで使用できる機能が用意されており、複数の PC で複数の設計者が結果を評価することができるので、対策案の検討が複数メンバーで可能となる。
- ロックライセンス、フローティングライセンス、マルチジョブのバッチ解析機能をサポートしているため、同時に複数の解析が可能である。
- 高性能製品ながら、従来の製品に無い射出成形 CAE の普及価格を目指しているため、コストパフォーマンスを最大限発揮できる。

<sup>\*1</sup>: 次期 V5 でリリースされる機能である。

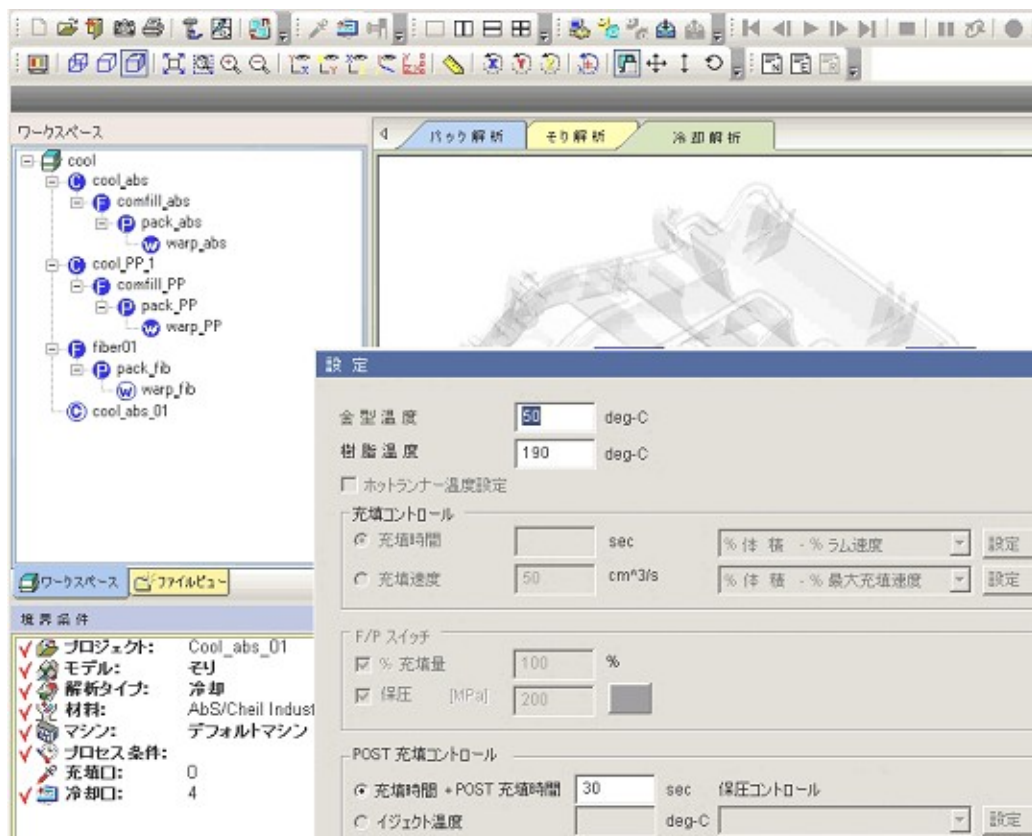


図3 日本語ユーザーインターフェース例

## 解析機能

### 1. MAPS-3D FLOW

「MAPS-3D FLOW」は、射出成形プロセスの充填段階においてポリマー溶解の3D作用を解析する。生産性および部品の品質を向上する設計、金型加工、そして製造の全ての段階における解析を行う。ショートショット、望ましくないウェルドラインの場所やエアートラップのような多くの起こり得る問題が金型加工前に検出される。材料を選択しおよび設定プロセッシング条件を設定したあと、充填パターンは分離されたFEMによって計算される。

厚みのあるソリッドジオメトリにおいては、ウェルドラインが形成し、エアートラップが起こる場所に確実に構築するために本当の3Dシミュレーションが必要とされる。MAPS-3Dでは、すべての速度、圧力、温度、フローフロント位置、そして熱伝導効果が3Dで計算される。また、MAPS-3Dは、複屈折を予測し、異なる充填条件（射出速度、保圧、保

圧時間など）、異なるゲートおよび充填形状における複屈折を分析することができる。図4は、自動車マニホールドの充填解析事例である。MAPS-3D FLOWの目的は、以下の点の解決にある。

#### (1) 部品品質

- ・ 最適部品厚さの決定
- ・ ウェルドライン位置の予測
- ・ エアートラップとショートショットの回避
- ・ ラム速度形状の最適調整のための部品の一貫性

#### (2) 充填設計

- ・ ゲートとその位置の決定
- ・ 湯道およびゲートサイズの最適化
- ・ ホットランナーシステムのバランス
- ・ ウェルドライン位置の決定
- ・ クランプ力の予測

図5は、ゲート位置移動・ランナー配置の最適案解析例である。

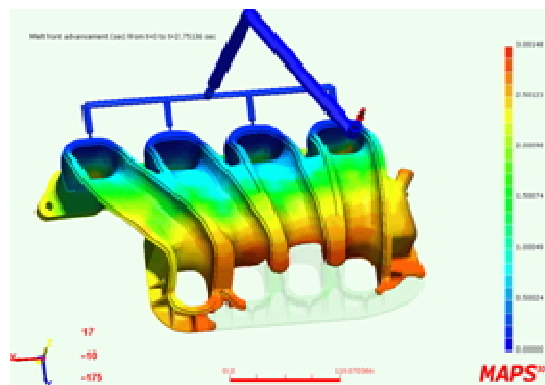


図4 自動車マニホールドの充填解析例

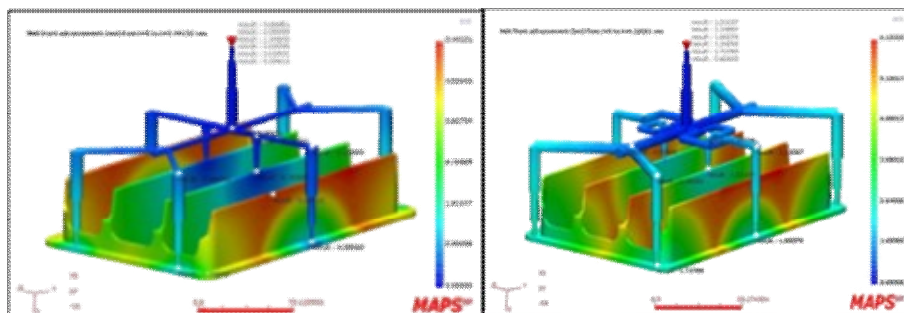


図5 ランナー径・長さ配置の最適案解析例

## 2. MAPS-3D COOL

「MAPS-3D COOL」は、金型と厚肉プラスチック部品の均一なコンポーネント冷却を実現する冷却サーキットの設計の効率性をシミュレーションする。厚肉ソリッドジオメトリでの適切な冷却時間を予測する。MAPS-3D COOL の目的は、以下の点にある。

### (1) 生産性の強化

- ・ 冷却チャンネルのレイアウトとサイズに適した冷却効率を見積る。
- ・ 最適な冷却条件を設定して冷却効率を向上する。
- ・ 高速冷却を通してサイクル時間を縮小にする。

### (2) 製品の品質

- ・ 均一の冷却により残留応力および熱応力を減少させる。
- ・ 不安定な冷却を減少することで寸法安定性を向上させる。
- ・ サーフエスの品質を強化する。

### (3) 最適な冷却システム設計

- ・ 高速で均一な冷却のための冷却システムのレイアウト/サイズを用意する。
- ・ 冷却プロセス条件およびチャンネルサイズを最

適化する。

- ・ 冷却チャンネルの配置を最適化する。

図6は、最適な冷却システムが設計された家電製品の金型冷却解析例である。

## 3. MAPS-3D PACK

「MAPS-3D PACK」は、射出成形プロセスの充填/保圧段階におけるポリマー溶解および温度移動の反応を解析する。MAPS-3D PACK は、プロセッシング条件の最適化と同様、金属部品と金属設計の質を向上するため、設計、金型加工、そして製造のすべてのステージを通して解析を用意している。

ショートショット、望ましくないウェルドライン位置そしてエアードラップといったような多くの想定される問題は、金型加工の前に検出される。MAPS-3D PACK は、体積収縮や密度も予測することができる。最後に、それらの結果は最終金型部品の収縮および/またはそりを予測するため、そり解析プログラム「MAPS-3D WARP」と統合されている。図7は、保圧解析例である。ダイナミックに任意断面表示ができる。

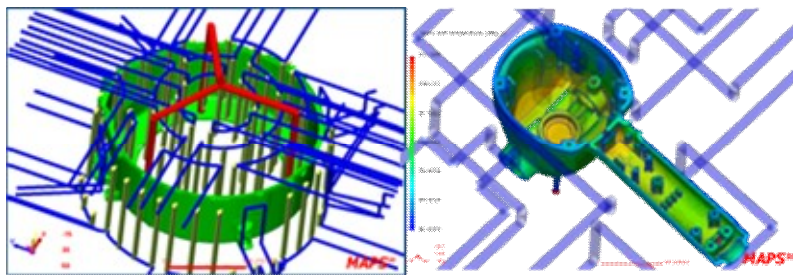


図6 家電製品の金型冷却解析例

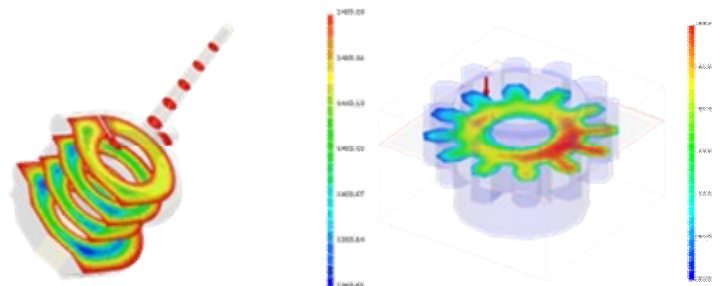


図7 保圧解析例（左図：密度の断面表示、右図： 温度の断面表示）

#### 4. MAPS-3D WARP

そり解析収縮は、空洞の寸法からの成形寸法の偏差である。この収縮は、ポリマーの圧縮率および熱膨張によるものである。非均一収縮と温度は残留応力の原因となる。この残留応力は、2つの原因によるものである。1つは、充填/保圧段階におけるポリマーの粘弾性流れが凍結流動誘起応力の原因となること。2つめは、充填、保圧、冷却段階において、ポリマー溶解が加圧下で固化されるとき、金型は温度収縮に逆らい、その結果として、いわゆる温度および/または圧力誘発応力が生成される。一般的には、流動誘起応力は高温での高速減少のためにごくわずかである。

「MAPS-3D WARP」は、これらの残留応力を計算するために熱弾性モデルを使用し、射出成形部品の変形を予測することができる。設計段階で、事前に変形の原因を見つけるために射出成形部品のそりを予測し、部品/金型設計、材料選定、および最適成形条件のために重要なデータを用意できる。また、温度分布成分、形状に起因する収縮成分か残留応力成分かを判断できるそり解析の要因分析評価機能が、次期 V5 でリリースされる予定である。図8は、ダッシュボードのそり解析例である。

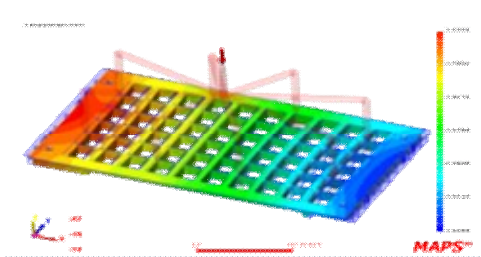


図8 ダッシュボードのそり解析例

#### 5. MAPS-3D FIBER

「MAPS-3D FIBER」は、ガラス/短繊維強化熱可塑性プラスチックの射出成形充填/保圧に結果する繊維配向および異方性力学的/熱特性を予測する。繊維配向の予測は、正常な金型部品を生成するための部品および金型設計において非常に重要である。MAPS-3D FIBER は、MAPS-3D WARP と共に異方特性によるそりも予測することができる。図9は、自動車マニホールド繊維配向解析例である。

#### 6. MAPS-3D Gate Optimization

「MAPS-3D GOPT」は、充填バランスのための最適なゲート位置を自動的に予測するシステムである。図10は、ゲート位置の最適化解析例である。特徴は、以下である。

- ・ FLOW(充填)解析時間の1~2%以内で、最適位置を高速に予測することができる。
- ・ ゲート設置が可能な領域を指定。
- ・ 固定ゲートの位置を指定。

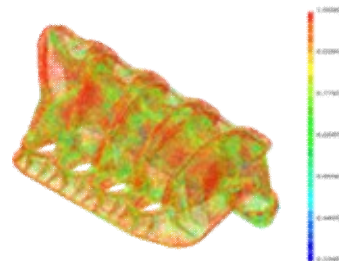


図9 自動車マニホールド繊維配向解析例(主軸)



図10 ゲート位置の最適化解析例

## 7. MAPS-3D RUBBER

「MAPS-3D RUBBER」は、ゴム射出成形の過程における金型内部の流動特性及び硬化反応を解析するシステムである。特徴は、以下の点である。

図 11 は、靴底のラバー解析例である。特徴は、以下の点である。

- ・ 充填時間、射出温度などの射出条件の最適化
- ・ 硬化時間及び金型温度による硬化条件の最適化
- ・ 硬化反応により加硫不足および加硫超過の予測
- ・ ショートショット、ウェルドライン、エア・トラップの予測

## 8. MAPS-3D Hot Runner Heat Balancing

ホットランナーのマニホールドから熱解析によりヒーターの最適位置によるヒートバランスを解析する。また、材料非線形、大変形、座屈や強制振動の解析もオプションにより用意されている。図 12 は、ホットランナー・マニホールドバランス解析例である。特徴は、以下の点にある。

- ・ マニホールドからヒートバランス誘導
- ・ マニホールドから選択加熱を最小化
- ・ 最適なヒーター容量を選択可能

また、ランナーバランスを最適化解析する機能も用意されており、図 13 は、その例である。

## 9. MAPS-3D STRESS

静的静解析（強度解析）、熱応力解析や固有振動数解析を、一貫したソリッドモデルで、解析することができる。また、非線形構造解析も、オプションに

より解析可能である。図 14 は、ファンの固有振動数解析例である。



図 11 靴底のラバー解析例

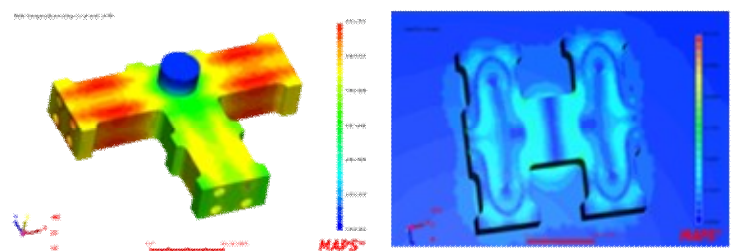


図 12 ホットランナー・マニホールドバランス解析例

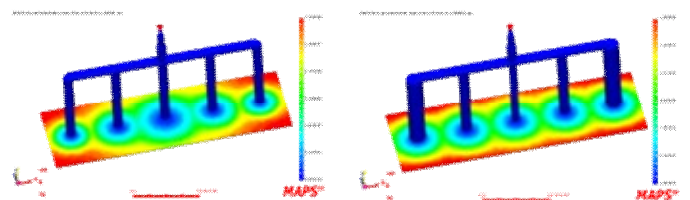


図 13 ランナーバランス最適化解析例  
(左図：初期設計案、右図：最適設計案)

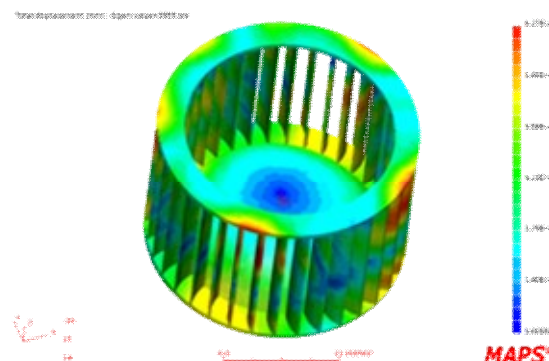


図 14 ファンの固有振動数解析例

MAPS-3D は、歴史的には 1990 年より SAMSUNG 電子研究所で射出成形解析の基礎研究プロジェクトとして開始された。欧州製の高性能自動メッシングや ACIS カーネルの採用で、2000 年より完全ソリッド解析の本格的な商用版開発プロジェクトとして、VMTECH 社へ引き継がれ、2008 年アプライドデザイン(株)(略称 ADA)と技術提携し、日本語版の開発と販売サポートを日本国内で開始した。10 月には、64 bit 版、ハイブリッド自動メッシング、マルチ CPU による高速化や日本語化に対応した新バージョン日本語 V5.0 がリリースされる。

今後は、新世代の射出成形シミュレーションとして、日本の多くのユーザーからの要求仕様を反映し、CAD データの一環性、高精度、高速解析、容易な操作性や CAE 大衆化時代にマッチしたコストを維持しながら、高機能解析、各種最適化解析や材料データベース増築などの機能拡張開発を推進していく計画である。

---