

3次元金型冷却解析システムの開発

Development of the 3-dimensional temperature simulation system for an injection mold

(東レ株式会社 CAE ソフト事業部)

(賛) 大井秀人、(賛) 坂場克哉、(賛) 中野亮、(賛) 須賀康雄

A temperature simulation system for an injection mold had adopted the boundary element method(BEM) for the reason of the simplicity of the model definition for analysis. However, the BEM is un-practical in respect of calculation time and computer resources for treating a 3-dimensional model. Therefore, we adopted the finite element method(FEM), and developed the new system in which time and effort of mesh creation still more peculiar to a FEM is not given. Thereby, we can grasp a temperature state inside an injection mold in 3 dimensions.

Key Words: Injection molding CAE, mold temperature simulation, FEM, Delaunay method

1. はじめに

射出成形において金型内のキャビティ表面の温度ムラはその大きな要因の1つである。そのため、CAEでそれを高精度に予測するためには金型温度の予測が重要なポイントである。また、金型設計時には、均一な温度分布になるように冷却管の配置、冷却条件などを設計することが重要となる。これらの点から事前に金型温度を予測する金型冷却解析へのニーズは非常に大きい。

一方、従来のほとんどの射出成形CAEシステムでは、金型冷却解析に対して金型外壁や冷却管、キャビティなどの解析要素のモデル化が容易という利点から境界要素法(BEM)を採用している。しかし、BEMは速度、メモリともに計算機資源を膨大に消費するため、現在CAEの主流となっている3次元モデルを扱うには実用上問題が多い。

また、有限要素法(FEM)などの他の数値解析手法は計算速度、メモリの面ではBEMより優位であるが、メッシュと呼ばれる解析モデルを準備しなければならない。金型部分のメッシュを作成する作業は今なお人手に頼る部分が多く効率が悪いので、金型冷却解析FEM化の最大の障害となっていた。

そこで筆者らは解析手法として有限要素法(FEM)を採用し、金型冷却解析の省メモリ、短時間化を試み、かつFEM特有のメッシュ作成の手間を感じさせない、新しい金型冷却解析システムを開発したので報告する。

Hideto OI*, Katsuya SAKABA, Ryo NAKANO, Yasuo SUGA:

CAE Software & Solution Business Department, Toray Industries, Inc.

3-3-1 Sonoyama Otsu-city Shiga 520-0842 Japan,

TEL: 077-533-8465, FAX: 077-533-8466

E-mail: Hideto_Ooi@nts.toray.co.jp

2. 開発システムの概要

今回開発したシステムを Fig.1 に示す。本システムは弊社が開発した射出成形システム 3D TIMON のサブシステム 3D TIMON-MCOOL の新規バージョンとして開発された。システムは 3D TIMON システムの GUI である TIMON-Pre/Post、金型用自動メッシュ作成システム MCOOL Mold Mesher、金型冷却解析プログラム MCOOL の3つのモジュールからなる。

MCOOL Mold Mesher はキャビティと金型の形状および冷却管、ランナー配置の定義のみで、四面体メッシュを自動的に作成するモジュールである。メッシュ作成エンジンについては(株)アライドエンジニアリングと共同開発を行い、ADVENTURE プロジェクト[3]の成果を3D TIMON システム向けにチューニングを施している。

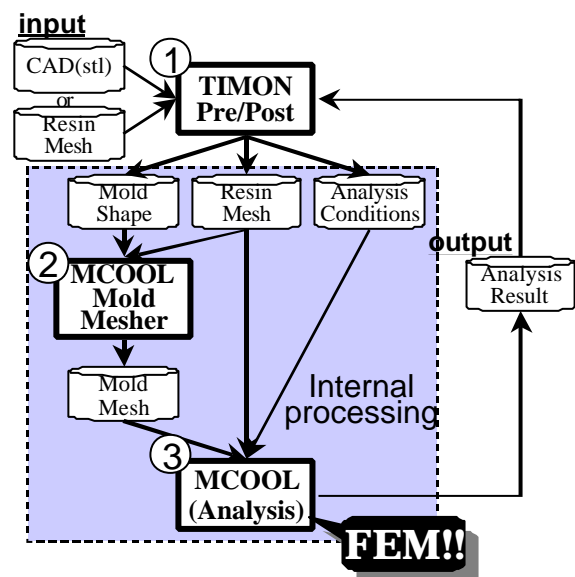


Fig.1 3D TIMON-MCOOL System

ADVENTURE システムのメッシュ作成手法はバケット法による粗密制御を施した Delaunay 法であるが、TIMON-Pre/Post ではキャビティのメッシュをボクセル法によって作成するため、金型形状をボクセル形状で定義した上で Delaunay 法を適用する手法を開発し、メッシュ作成時間の短縮を図った。

また、 と はシステムの内部処理である。で金型形状や樹脂メッシュ、解析条件を定義実行すると、自動的に と のモジュールが起動、有限要素法用のメッシュを自動作成し、金型冷却解析を行う。つまり、本システムではユーザは従来どおり TIMON-Pre/Post で解析モデルを作成し解析を実行するだけでよい。

3. 解析事例 (歯車)

解析事例として歯車の金型冷却解析を紹介する。本例では Fig.2 のような CAD データ (stl 形式) から解析モデルを作成、金型冷却解析を実行した。

まず TIMON-Pre/Post によって、Fig. 3 に示すように、金型形状や冷却管、ランナーを定義し、歯車のメッシュを作成する。これは従来の境界要素法の場合とまったく同様である。

次に、このデータを使用して MCOOL Mold Mesher で金型側のメッシュを自動作成する。作成されたメッシュの例を Fig. 4 に示す。最後に MCOOL で金型 - キャビティ - 冷却管の温度連成計算を行う。Fig. 5 のような定常状態の金型の温度が得られる。

従来の BEM との比較データを Tabel1 に示す。この事例の場合境界要素法に比べ、約 12 倍の高速化が達成された。所要メモリも BEM の半分程度であり、PC レベルで大規模モデルの解析が実現可能となった。

4. 結言

有限要素法の適用と、金型用メッシュ作成システムの開発により 3次元大規模モデルの高速かつ簡便な金型冷却解析が可能となり 金型内部の温度状態が 3 次元的に把握可能となった。

将来的には、入れ子構造や異材質の考慮、構造解析への展開など、金型用メッシュを生かしたシステム開発を検討している。

参考文献

- [1] 澤田聡：射出成形の金型冷却解析，合成樹脂，Vol. 37, No. 6, 日本合成樹脂技術協会 (1991).
- [2] 廣井正人：樹脂流動解析におけるメッシュの影響について，成形加工シンポジア'99, pp.25-26,(1999)
- [3] ADVENTURE プロジェクトホームページ，<http://adventure.q.t.u-tokyo.ac.jp/>

	CPU Time(sec)	Memory(GB)
BEM	30960	2.65
FEM	2490	1.37

Pentium4 2.0GHz, Memory 1.5GB

CPU time of FEM include s time of generating mold meshes.

BEM needs 5.31 GB free space in a hard disc in addition.

Table1 Analysis Time & Used Memory

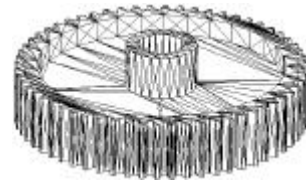


Fig.2 CAD model

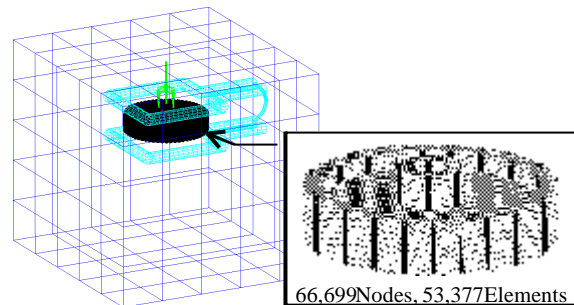


Fig.3 Mold shape model

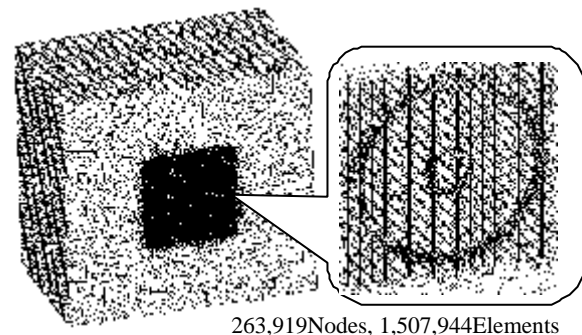


Fig.4 Mold Mesh created by Mcool Mold Mesher

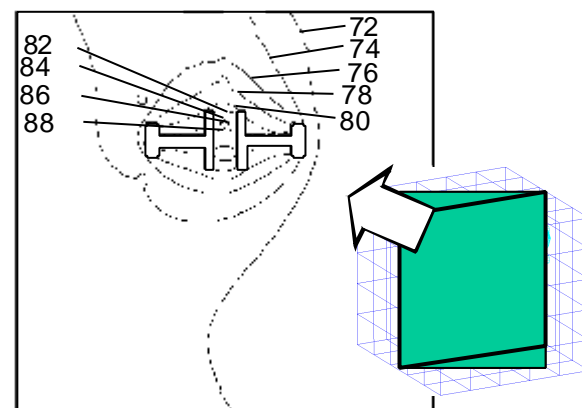


Fig.5 Analysis Result