高分子レオロジーと成形加工 CAE の基礎 —その中身と周辺問題—

(5) 高分子成形加工用 CAE の基礎：インターフェース

宮 崎 寿*

1. はじめに

成形加工 CAE ソフトウェアの最前線に身を置く筆者としてはここ数年、成形加工 CAE を取り巻く環境の変化を実感している。成形加工 CAE ソフトウェアが成形メーカーや金型メーカー、つまり、実際の物づくりの現場へ相次いで導入されている。その背景にはコンピュータの性能の向上と IT 技術の浸透、3D-CAD (Computer Aided Design) の普及、ソフトウェアの精度・機能向上など、様々な要因が考えられる。しかし、筆者が実感しているのは成形加工 CAE ソフトウェアの導入を検討する経営者層のマインドの変化である。以前は大企業の解析専任者や研究者のためだけの難しくて贅沢なツールというイメージが強かったようであるが、現在は「うちもそろそろ入れてみるか」的な言葉がよく聞かれるようになった。成形加工 CAE はその裾野を拡げ、物作りのツールとして定着し始めている。本稿のテーマはインターフェースである。成形加工 CAE のインターフェースと聞くとほとんどの人がグラフィックユーザーインターフェース (GUI: Graphic User Interface) を思い浮かべるであろう。これはソフトウェアの顔ともいえるべき部分であり、ユーザーが日々使用する部分である。GUI は人間工学に基づく操作性の向上、ユーザーからのリクエストにより、日々改良、洗練されている。インターフェースは、CAD による、製品の意匠設計、製品設計、金型設計 (形状のモデラーと CAE に対するプリプロセッサ)、CAE による設計解析 (CAE の制御および最適化)、CAM による金型加工において、ユーザーがコンピュータを使って、製品開発するために必要な情報をソフトに導入し結果を出力するために必要な機能である^{1)~3)}。つまり、解析をサポートするインターフェースが十分でないと設計情報の共有化も含め CAE が迅速に適用されないことにもなりかねない、重要な機能である。本講座では、GUI そのものを語ると単なるソフトの操作方法紹

介になりかねないことから、基礎講座としてももう少しインターフェースの概念を広げて解説する。成形加工 CAE を運用していく上で多くのユーザーが直面する様々な問題に対して、ソフトウェアベンダーがどのような取り組みをしているのかを、以下のキーワードにて説明してゆく。

- ① 3D-CAD モデルとのインターフェースとその周辺技術
- ② メッシュ作成のインターフェースとその周辺技術
- ③ 人とのインターフェース 1-入力条件
- ④ 人とのインターフェース 2-解析結果の解釈

2. 3D-CAD モデルとのインターフェースとその周辺技術

2.1 3D-CAD モデルのインポート

3D-CAD が普及する前の射出成形 CAE でのモデル作成は、図面をもとに形状ポイント座標を入力し、そのポイントを基にサーフェースをつくり、プラスチック成形品の形状を中立面化したモデル (シェルモデル) を作成し、エレメントに肉厚を与える必要があった (図 1)。図 1 のような単純な形状であれば簡単に作成できるが、複雑な形状を持つ成形品の解析モデル作成するためには今から考えれば途方もない手間と時間をかけて作られていた。解析業務の半分以上はこの解析モデル作成に費やされ、当然、短い開発期間の中で解析結果を活かすことは難しく、成形加工用 CAE は問題が発生した後の対策検討に使われる場面が多かった。

1990 年代後半から 3D-CAD が普及し始めコンカレントエンジニアリングという言葉が流行した。3D-CAD での設計は、3D-CAD モデルをいかに物づくりの流れに流通させるかが成功の鍵とされた。その流れに構造解析や成形加工 CAE を含む様々な CAE が乗ることになる。

1997 年に Moldflow 社は 3D-CAD モデルの表面に作成

図 1 3DCAD モデルと中立面 (シェルモデル)

* Miyazaki, Hisashi
モールドフロージャパン
テクニカルマネージャー西日本
大阪府中央区久太郎町 3-6-8
御堂筋ダイワビル 12F 〒541-0056
2005.3.18 受理

図2 Dual Domain メッシュモデル

図3 Dual Domain メッシュモデルの肉厚認識

図4 Dual Domain メッシュモデルの充填パターン

したメッシュ（図2）を解析に活用できる「Dual Domain」テクノロジーを開発した。この技術はモデル表面の表と裏のメッシュをシンクロさせ、肉厚を自動認識させ（図3）解析にそのまま活用する。図4はDual Domainメッシュによる充填パターン初期段階の解析結果である。上下の面がシンクロしていることがわかる。また、ほぼ同時期に厚肉成形品を対象に3D-CADデータの内部をソリッドメッシュで埋める完全3Dメッシュテクノロジーが生まれた。（図5）。これらの3D-CADモデルを活用したメッシュテクノロジーが成形加工CAEの運用方法を変えることになる。モデル作成時間は大幅に削減され、開発段階でのCAEによる事前検証を定着させた。そして、解析技術者しか扱えなかった射出成形CAEは設計者や金型設計者、生産技術者など、エンドユーザーの層を上げ、開発から生産工程で発生する様々な成形品の問題をCAEを利用して改善、共有できるようになった。また、CAEとCADのスムーズな連携が重要であるが、複数のCADデータ形式をCAEソフトで対応できる環境が整備されつつある（表1）。

2.2 3D-CADモデルのインポートに関する問題^①

3D-CADから出されたこれらのファイルをCAE側に読み込んだ際に問題が生じる場合があることをユーザーは十分注意しなければならない。たとえば、サーフェースの欠落、面落ち（図6）や製品形状の潰れ、などであり、ソフト間で扱われるモデルの相違に由来するものが多い。また、3D-CADモデルはそれぞれファイル形式が異なり、また、3D-CADからエクスポートされる共有ファイルで

図5 3D内部メッシュと充填パターン

表1 Moldflow Plastics Insight 5.0
標準対応CADフォーマット

STL files.
ANSYS Prep 7 (*.ans).
I-DEAS Universal (*.unv).
Nastran (*.unv).
Nastran Bulk Data (*.bdf).
Patran Neutral (*.pat, *.out).
IGES.

図6 面落ちしたモデル

図7 改善されたモデル

図8 CAD要素の数学表現の違い

あるIGES (Initial Graphic Exchange Specification) ファイルやSTL (Stereo Lithography) ファイルもCADごとにそれぞれに癖を持っている。複数のCADを取り扱うユーザー、他社、他部門で異なるCADデータのやり取りを行う際には以下を意識し、運用方法を検討しなければならない。

①各CAD要素の数学表現の違い

要素を数学的に連続的に表現するには、点データを補間する数式モデルが必要であるが、各3D-CADによってそ

シーム線の有無

図9 CAD間の位相の違い

端点の離れ、サーフェスとエッジの離れ

図10 CAD-CAE間の許容誤差の違い

の表現が異なる。図8は主な3D-CADの数学表現の違いの例である。様々な数学表現があることがわかる²⁾。

②各CAD間の位相の違い

ここで言う位相とは立体の頂点/曲線/曲面がどのような関係でつながっているのかを指す。図9は主な3D-CADが円筒に対してどのように形状を表現しているのかを表した例である。1つの形状に対して様々な位相の違いを見ることができる。

③各CAD-CAE間の許容誤差の違い

各3D-CADはそれぞれ異なるデフォルト許容誤差を持っている。図10は各3D-CADのデフォルト許容誤差とCAEの許容誤差の例である。例えばCAD-AとBのモデルはCADのGUIの中では全く問題のないモデルだが、CAE-Aの許容誤差が0.01mmであるため、CAE-AにCAD-Aのモデルをインポートした際に要素の離れなどの問題が発生する可能性がある。メジャーな3D-CADはデフォルト許容誤差を変更することが可能であるが許容誤差を小さくすれば精度の高いモデルを作成できる反面、ソリッドモデルとして成立しているかどうかを判定する際の、隙間などに対する許容幅が狭くなってしまう。

④CADモデルの悪形状、不整合

3D-CADでのモデリングの方法、また、それに伴う各CADでの形状の処理によっては、悪形状、不整合、線や面のねじれ、重複などが発生してしまう場合がある(図11)。

以上のような各3D-CADのモデルの違いなどから、CAE側でデータ変換の問題が発生している。各3D-CADベンダーがお互いに内部情報を公開し、共同開発して統一した規格のモデルファイルを出力するようになればこの問題は根本的に解決するが、現時点ではとても実現しそうにない。次章ではこの問題に対する現状のCAEベンダー側の取り組みを紹介する。

線や面のねじれ、重複面など

図11 CADモデルの悪形状、不整合

図12 3D-CADとCAEのインターフェース

2.3 3D-CADと連携したインターフェースの開発

従来は、3D-CADモデルのインポートに関する問題に対して、CAE側は受身にならざるを得なかった。しかし、最近のトレンドとしては、CAEベンダー側から積極的に3D-CADベンダーやデータ変換ソフトベンダーとの技術提携やOEM (Original Equipment Manufacturing) ソフトの開発を持ちかける動きがあり、CADとCAEのインターフェースに関わる製品、ツールが整備されてきている。

図12は3D-CADとCAEの連携インターフェースを表しており、2つに大別できる。

①ダイレクトインターフェース

これらは各CADのモデルファイル、所謂3D-CADの生データを直接CAEに読み込むことができる。STLなどの中間フォーマットに変換した際の変換エラーの影響を排除できる。(たとえば、図7はダイレクトインターフェース(図12注1)を利用した場合で、スムーズにモデルをCAEにエクスポートする。)

②中間ファイルインターフェース

これらは各CADからエクスポートされたIGESやSTLなどの中間ファイルそのものを修正するツールである。ここで中間ファイルのエラーを修正し、CAEで扱いやすいモデルに最適化する。また、解析に不要なモデル形状を簡略化することが出来るツールもオプションとして用意されている場合がある。

これらの製品群は互換性のない様々なファイルフォーマットが乱立している中で仕事をせざるを得ないユーザーのニーズから生まれたものである。このようなCADとCAEをつなぐツールの活用は、従来のまでの資産および教育を円滑に利用するために今後ますます進むと思われる。

3. メッシュ作成のインターフェースとその周辺支援技術

3D-CADモデルをインポートした後に行うのがメッシュの作成である。有限要素法を使った解析にとってメッシュの良し悪しが解析精度を左右するが、このメッシュをいかに効率的に良いものにするのが、まさにユーザーインターフェースの操作性、言い換えれば技術者の作業時間を左右する重要な部分である。

主なメッシュ要件は以下である。

- ・エレメントは確実に接続されていること
- ・エレメントの交差やオーバーラップがないこと
- ・アスペクト比が高くないこと

他、メッシュテクノロジーによって異なる要件が存在し、各社成形加工CAEソフトウェアによって異なると思われるのでこれ以上の詳細は割愛する。ここではCAEの解析精度に関係が深いアスペクト比に焦点を当てたい。

図13は肉厚2.5mmの平板の充填パターンを、アスペクト比の良いメッシュ密度を均一にしたモデルと局部的にアスペクト比を悪くしたモデルで比較したものである。アスペクト比を悪くしたモデルでは現実的には考えられないような充填パターンが発生している。アスペクト比は解析精度に大きく影響することがわかる。それを修正する機能は、成形加工CAEソフトウェアのGUIに搭載され、インターフェースとして重要な機能であるので、具体例として図14の微小R(フィレット)を持つSTLモデルでのメッシュ作成と修正事例をとりあげて紹介する。

・メッシュ診断ツール

自動でメッシュを作成した後のメッシュ品質を確認し、修正点を確認する(図15)。このモデルではアスペクト比の改善が必要であることがわかる。メッシュ修正は様々なアプローチが出来るよう多彩なツールが用意され

図13 充填パターンへのアスペクト比の影響

図14 フィレット付STLモデルからのメッシュ作成

ている。

・ウィザードによる自動修正

各修正項目に対してウィザード形式でユーザーが基準値を入力して自動修正を試みるツール(図16)。

・手動修正

メッシュ診断ツールとメッシュツールを使い、ターゲットとなる高アスペクトエレメント等を修正するツール(図17)。

ユーザーインターフェースはよりわかりやすく、また、ユーザーのエンハンスリクエストを反映してどんどん進化し、便利になっている。しかし、これらの作業は所詮解析をするための準備作業であり、ユーザーとしてはできれば極力減らしたい作業である。ではいかにこの作業を少なくするのか、その有効な手段のひとつが3D-CADモデルの簡略化である。

3D-CADモデルを金型のキャビティ通りに正確にモデ

図15 フィレット付STLモデルのメッシュ診断結果

図16 フィレット付STLモデルからのメッシュ作成

図17 メッシュツールによる手動修正

図 18 フィレット無し IGES モデルからのメッシュ作成

図 19 フィレット無し IGES モデルのメッシュ診断結果

リングすることが正確な解析結果につながると誤解している設計者がいるが、そのモデルを渡される解析担当者は悲惨である。製品には見た目や消費者の安全を考慮した小さなフィレットが多数存在する。また、金型にはすり合わせ面や意図的に設計されたパーティングの段差が多数ある。これらは製品設計や金型設計には必要な情報でも CAE には不要なものである。CAE 側では製品モデル表面に忠実にメッシュを貼ろうとするために図 14 のフィレット付 STL モデルは高いアスペクト比の要素が生成されてしまった例である。筆者は 3D-CAD 側でこのようなフィレットや細かい段差を無くしてから CAE 側にインポートすることは実用上有効であると考えている。図 14 と同じ形状でフィレットなしの IGES モデルでメッシュを作成してみる（図 18）。

このモデルを診断するとアスペクト比は大幅に改善され、全くメッシュ修正の必要の無いモデルであることがわかる（図 19）。このように 3D-CAD で製品形状の簡略化の効果は大きい。図 20 は形状簡略化機能を持つ中間ファイルインターフェースソフト（注 2）によるフィレットの一括消去例である。非常に簡単な操作で IGES データの修正、IGES-CAD モデルの簡略化ができる。3D-CAD データは客先から提供されたもので簡略化の依頼ができない。解析担当者が CAD を操作できないなど様々な制約から CAE 側で修正せざるを得ない場面も多い。そのような場合にはこのようなツールの導入が有効である。

図 20 中間ファイルインターフェースソフトによるフィレットの一括消去

4. 人とのインターフェース 1-入力条件

4.1 入力条件による解析結果と実成形成品との違い

筆者はコンサルタントとしてユーザーと接する機会が多い。テーマの多くは“解析結果と実成形成品との違いについて”である。これはハイレベルユーザーからビギナーユーザーまで共通の、必ず出てくるテーマである。それらのディスカッションからソフトウェアの開発の方向性やソルバーの改良のきっかけとなる場合も多く、CAE 開発の際の重要な情報源でもある。出力結果が実成形成品とどうして異なるかは、本講座の第一講にでも触れられているが、解析に利用する数学的なモデル精度、サポートされていない機能、入力された物性データの精度などに由来する場合もある。ここでは、ソフトウェア導入間もないユーザーが陥りやすい解析結果と実成形成品の乖離を生む要因について典型的なものをいくつか挙げる。

①異なる成形条件での結果の比較

- ・現場と CAE ユーザーの情報が違う：このような例は結構多い。外注等で解析担当者が成形現場と離れている、あるいは解析担当者が成形そのものを知らないなどが原因で解析条件の設定に無理がある場合である。特にビギナーの方には、CAE からの情報を最大限活用するために、現場との情報の共有は重要であり、CAE をコミュニケーションツールとして交流を深めることが必要である。インターフェースの機能はそれを補うツールでもある。
- ・成形機的能力：射出成形 CAE はあくまで人間がインプットした条件を計算するツールにすぎない。よくある例としては高速成形をしている場合で、成形機側の実射出時間表示が 0.2 s なのに CAE は 0.1 s と計算されている。成形条件は成形条件表通りきちんと入力しているのにおかしいか？このような話が出てきたとき、成形機の計量体積とスクリュウの速度から理論射出時間を計算し、現場での条件と理論的な条件との違いを明確にするとよい場合がある。CAE は成形機に入力した条件をそのまま実行している。入力成形条件についていけないのは成形機のほうである。瞬時に指定速度に達し、指定ストローク位置で瞬時に速度を変えることは機械的に難しいのである。最近是非常に性能の良い成形機が出てきてはいるが、古い油圧機

図 21 メッシュ密度とフローパターン

図 22 ノードのコントロールボリューム

を使っている場合は特に注意が必要である。このような場合には入力条件よりも成形機から出力される波形など考慮すべきである。

- ・材料データの信頼性：解析に利用している物理モデルの問題もあるが、材料データの品質は成形加工 CAE 解析精度に大きく影響する。樹脂の流動特性（粘度，Juncture loss 係数，溶融－固化転移温度等），熱特性（比熱，熱伝導率など），収縮特性（PVT，密度，実測収縮値），機械的物性（ヤング率，ポアソン比，せん断弾性率，異方性線膨張係数など）を正確に測定することは，高精度な樹脂流動解析を行う必須要件となる。しかし，それら材料データが成形とかけ離れた条件の値しか利用できない場合やデータ自体がない場合もあり，既存データから推定される値を用いざるをえない場合もある¹⁾。

②解析モデルの問題（4.2 の事例参照）

③異なる金型条件での結果の比較（4.3 の事例参照）

4.2 解析モデルの問題－メッシュ密度の事例

前章で紹介したメッシュ要件を満たしていない場合の他にフローパターンが合わない典型的な事例がある。図 21 の上下のメッシュ肉厚は同じであるが，違うのはメッシュ密度である。このフローパターン違いはどこから生じるのか？それは解析モデルの体積の認識のさせ方から来ている。体積はノード毎にコントロールボリュームとして与えられている（図 22）。図 21 の事例で上図は肉厚が変化する境界にしかノードがない。したがって 2 mm と 1 mm のエレメントの平均体積と 3 mm と 1 mm の平均体積のコントロールボリュームでフローフロントの進展を計算することになる。肉厚変化が大きな製品のメッシュ密度は細かめにしないとこのように品質上重要な問題を見逃してしまう場合がある。このようなことを防ぐためには解析モデルの特徴とメッシュモデルの整合性の確認が必要である。既に成

図 23 コネクタモデル（簡略モデル）

図 24 CAE と実際の金型

形実績のある製品を複数のメッシュ密度モデルで解析し，精度検証をすれば，類似形状の製品に水平展開できる。

4.3 異なる金型条件での結果の違いの事例

あるコネクタメーカーのコンサルティングの際，実成形品の内反りの絶対値が合わないという問題が提起された事例がある。実モデルは非公開モデルなので簡略化したモデルで紹介する（図 23）。このコネクタは実際にはもっと内倒れするはずなのに CAE ではその量が少ない。CAE の結果と実成形品の結果が合わない場合は CAE と実成形品で何が違うのか考えてその差を埋める取り組みをする必要がある。

この事例では金型冷却解析モデルの設定に実成形品との乖離のヒントがあった。金型冷却解析は製品部と冷却管（冷媒）間の熱の移動を算出し，成形品表面（金型境界面）温度分布などを出力する。CAE は鉄のインゴットの中にキャビティと冷却管があるという設定だが，実際のコネクタ金型は分割面や隙間が多く，熱が除去されにくい。ここで CAE と実際の金型温度に乖離が生じる（図 24）。

この乖離はインサートの設定によって対応することで問題解決することがある。CAE 側のインターフェースの機能を使ってインサートモデルを作成し，このインサートに実際の金型に近似する熱的属性，熱抵抗値を与える（図 25）。これによって実成形品と解析の絶対値を近似させることに成功した例である（図 26）。

5. 人とのインターフェース 2-解析結果の解釈

5.1 解析結果の読み方，使い方

解析結果のほとんどは温度や圧力など様々な物理量である。解析結果から得られる物理量をいかに成形品の不具合とリンクさせるのが成形加工 CAE をうまく活用するためのキーポイントになる（図 27）。例えば，ボイド（真空

図 25 インサートの熱的屬性設定

図 28 ボイドの発理由

図 26 インサートの有無による反り量と成形品表面温度

図 27 CAE 結果と不良現象の関連付け

ボイド)は厚肉部分の収縮で発生するが、一般的には型温が高いとヒケになり、型温が低いと、スキン層が先に固まって樹脂の収縮の逃げ場がなくなって、ボイドができる(図 28)。

この現象は非常に微妙で、樹脂や成形条件によって挙動がばらつくため現状の成形加工 CAE では“ここにボイドができる”といった結果を出力することはできない。しかし、CAE でボイド予測することは不可能ではない。図 29 はボールペン先端のチップのボイド予測事例である。このペン先チップは透明樹脂であり、ボイドが発生した場合はその商品価値を失うため、なんとかボイドのリスクを予測したい製品である。そこで、ボイドに関連する解析結果を見てみる。解析は完全 3 次元解析を行い、解析結果は断面の表示である。収縮に関する代表的な結果として体積収縮率(図 26 中央)、これはどの部分がどのくらい収縮するの

図 29 ペン先チップのボイド予測

かを%で表示している。また、固化時間(図 26 下)でどの部分がどのくらいの時間で固化するかを示す。つまり、収縮が大きくて、固化の遅い部分がボイドの発生リスクが高いと言える。このような部分を検索し、抽出する機能もインターフェースに必要とされる。

例えばこれに、金型温度条件や成形条件の違いによるボイドの有無の実績データがあれば信頼性が向上する。同じような形状の複数の製品で同じ実験を行えばボイドが発生する体積収縮率の閾値を得ることができるだろう。このノウハウがあれば開発段階でボイドの発生を予測することができる。

このような発想で開発を行っている事例を紹介したい。

5.2 自動車バンパーのフローマーク改善事例⁶⁾

フロントバンパーは自動車の“顔”を構成する重要な部品である。美しいデザインを実現するために見栄え・質感の重要性が増し、成形品に求められる外観品質も高まっている。

まず、バンパー等外観部品の良否判定は人によって判断が異なるため、フローマークによる外観不良を光沢差によって判断することにする。フローマークが発生している箇所は光沢差が大きい(図 30)。

図 30 フローマークと光沢差

図 31 充填速度と光沢の関係

図 32 充填速度と光沢の関係

光沢差は10%以上で人に不快感を与えることがわかっている。問題発生バンパーのフローマークの光沢差は14.8%でありフローマークを発生させない成形法が必要である。フローマークに関連する解析結果との関連性を確認し、充填速度の変化と光沢に相関があり、速度が急上昇するポイントで光沢が急変することがわかった(図31)。他車種でも充填速度の急上昇(加速度)と光沢差との相関があることが確認できた(図32)。このことからこのバンパーのフローマークを改善するためには光沢差発生部の充填加速度を低下させることが有効であると判断できる。また、品質を高める(光沢差5%以下)ための加速度の目標値を得ることができた。ではこのバンパーで充填が加速しているのはなぜか。それはバンパー裏面のリブの影響であると考えられた。つまり、リブ部分の充填過程のためらい

図 33 加速の要因

図 34 フローマーク対策とその効果

の後に充填速度は急激に加速していることが主要な原因であると推定された(図33)。

対策としてリブの形状変更が試みられた。リブ充填後の加速度を低下させるために、図34上図のようにリブ充填以降の流動性を高める形状変更を施した。この対策により加速度は目標値以下になった(図34下図)。これらの取り組みによりこのバンパーのフローマークは解消された。そしてこの取り組みによってフローマークと加速度の閾値が得られている。これは今後のバンパーの開発にCAEを活用するさい、ひとつの評価基準となる。

成形加工CAEで外観品質を予測するのは非常に難しいが、この事例のように、

- 1) 不具合現象の定量化
計測技術・官能評価との相関確認
- 2) CAE出力との相関把握
管理特性の抽出、管理基準の設定
- 3) 基本的な対策方法の設定
不具合要因の推定、対策結果の検証
- 4) 業務ツールへの落とし込み
手順書・チェックリスト等への織込み

までできれば社内標準ツールとしての運用ができる。このような事例を社内のインターフェースとして活用できることがますます重要になっている好例であろう。

5. おわりに

今回は成形加工CAEの“インターフェース”を広義に

とらえ、運用・利用技術を中心にご紹介させていただいた。CAEは魔法の杖ではないが、うまく使いこなせば便利な道具である。ソフトの精度向上や機能UPとユーザーへの利用技術の提供は成形加工CAEを利用したビジネスの両輪であると考えている。たとえば、射出成形CAEは物作りに有効活用できるツールであると確信しているが、CAE導入の際にはソフトの精度や機能の他にサポートシステムやコンサルティングプログラムなどに見られる、インターフェース機能に隠された問題を把握することが、CAD-CAEの拡充を図る際の評価項目として大きなウェイトを持っていることを認識するべきであろう。

参 考 文 献

- 1) 日本塑性加工学会編：流動解析—プラスチック成形，(2004)，コロナ社
- 2) 武藤一夫：高精度3次元金型技術—CAD/CAE/CAM/CAT入門（1995），日刊工業新聞社
- 3) 千田豊満：CAD/CAMシステム—基礎から構築まで—（1990），理工学社
- 4) 小寺敏正：3次元CADデータ交換再入門，日経CG5月号（2000）
- 5) Moldflow Training Manual
- 6) 西山剛史：モールドフロー国際会議，マツダ講演資料（2004）

対応ソフトウェア

注1：Mold flow Design Link

注2：Mold flow CAD Doctor

注3：Mold flow Magics STL Expert

賛助会員の皆様へ 「製品・技術紹介」へご投稿下さい

「成形加工」誌には、「製品・技術紹介」のコーナーを設けています。

「製品・技術紹介」はプラスチック成形加工学会の賛助会員が自社の製品・技術を広く会員にアピールするための記事で、詳細は以下のとおりです。

1. 賛助会員企業の開発した装置・機械・材料等，各種製品と技術を資料・図表・写真等により紹介するもの。
2. 賛助会員企業に属する個人（または複数名）の記名入り記事とし，長さは刷上がり1頁とする（図表を含み2300字程度，原稿1頁当たり26字×27行＝702文字で作成）。
3. **掲載料は無料**（ただしカラー印刷の場合は実費負担）。

この「製品・技術紹介」への投稿を，是非ご検討下さい。

「製品・技術紹介」は，投稿順（抜閲後）に随時掲載しております。記事のスタイル，内容等につきましてはすでに掲載されている幾つかの記事をご参照下さい。

「成形加工」編集委員長 鞠谷雄士