

CAD/CAE シームレス化による簡易で高速な CAE 機能開発

Development of Easy and Quick Response CAE Functions by Seamless CAD/CAE

田 鎖 利 基

要 約 CAE 機能を CAE 専任者でなく設計者が利用できるようにするには、例えばマスペロパティコマンドを使って立体の体積を求めるような感覚で、CAE の存在を意識することなく、解析できる必要がある。つまり、CAD コマンドと同じ操作性でレスポンス良く解析できること、結果を CAD システム上で確認できること、CAD の曲面データに反映できることが求められる。このような CAE 機能を実現するため、CAE を CAD の一部の機能として利用できるよう部品化し、さらに、CAD と CAE 間のデータ授受をファイル経由ではなくメモリ上で実施するようにして、簡易で高速な CAD/CAE シームレス型の CAE 機能を開発した。開発した機能は 2 種類あり、一つは CAD の曲面を変形するエンジンとして CAE を利用する機能、もう一つは CAD システム上で CAE によるシミュレーションを行い、結果を確認できる機能である。

Abstract For utilization of CAE (Computer Aided Engineering) functions not by person in charge of CAE but by designer, it is necessary to execute analysis without realizing CAE, for example in the same way user finds the volume of a solid using mass property command. In other words, the functions of analysis with the same operability as CAD (Computer Aided Design) command and with quick response, confirmation of result in CAD system, and reflecting the result to CAD surface data are required. To realize these CAE functions, UEL Corporation changed CAE to parts to use as a part of CAD function, changed delivery of data between CAD and CAE not by file but by memory and as a result, developed easy and quick response by seamless CAE function. There are two types of the developed function: one is that using CAE as deformation engine to deform surface data, and the other function is that CAE simulation result can be confirmed in CAD system.

1. はじめに

近年、設計リードタイム短縮に向けて、設計者が簡易に操作できる高速な CAE (Computer Aided Engineering: コンピュータ支援解析) 機能が重要となってきている。CAE 専任者による詳細な解析の前に、設計者が CAE システムを操作するという意識を持つことなく、簡易に CAE による解析ができれば、バーチャルな“ものづくり”が短時間で可能となり、設計リードタイム短縮につながる。

本稿では、2 章にて簡易で高速な CAE 機能の開発の背景、3 章で CAD (Computer Aided Design: コンピュータ支援設計)/CAE シームレス型の CAE 機能を実現した施策、4 章で開発した機能群について説明し、5 章で評価結果を述べる。

2. 開発の背景

一般的に CAD と CAE はソフトウェアもデータ表現も異なり、操作者まで異なることもあ

る。特に CAE は、操作するために専門的な知識や複雑な設定が必要で、解析の処理に時間がかかることが多い。また、CAE によるシミュレーションには、大きく以下の 3 ステップの処理が必要となる (図 1)。

- 1) 前処理 (プリプロセッサ) : CAD の形状データから、メッシュデータを作成し、解析条件を設定する。
- 2) 解析処理 (ソルバ) : メッシュデータと解析条件から、解析を実行する。
- 3) 後処理 (ポストプロセッサ) : 解析結果を分析、表示する。

特に、プリプロセッサによるメッシュデータの作成においては、メッシュが作成できない場合に CAD 形状データやメッシュデータを手で補正する必要がある。

現状では、このような障害により、CAE 専任者でない設計者が気軽に CAE を利用できず、それが課題となっている。

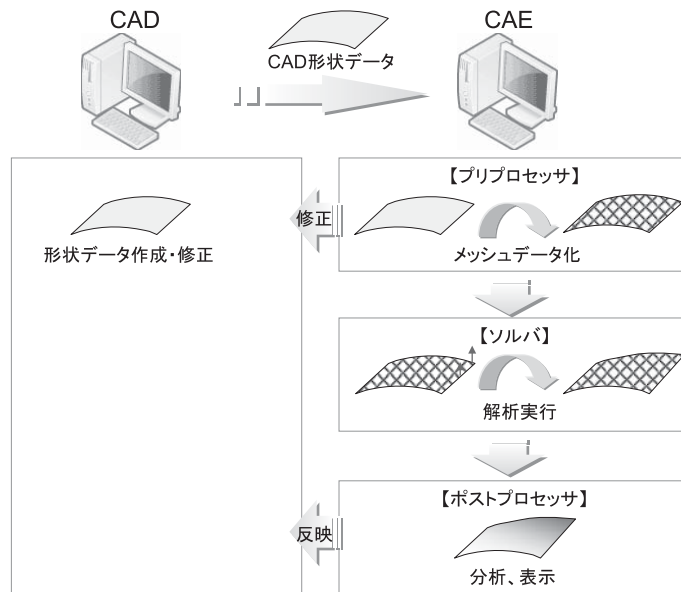


図 1 CAE によるシミュレーションの流れ

3. CAD/CAE シームレス化の施策

前章で述べた課題を解決するためには、CAD コマンドと同じ操作性 (例えば、マスコプロパティコマンドを使って立体形状の体積を求めるような操作感) で自動的に CAE による解析ができ、その結果を CAD の曲面形状に反映したり、CAD システム上で確認したりできればよい。これからのエンジニアリングシステムは、CAD や CAE などのシステムの違いを意識することのないシームレスなシステムであるべきとの考えに基づき、日本ユニシス・エクセリユーションズ株式会社では、CADmeister^{*1} 上に CAD/CAE シームレス型の簡易で高速な CAE 機能を開発した。本章では、実現した CAD/CAE シームレス化について述べる。

3.1 メッシュデータの自動作成 (プリプロセッサ)

CAD の曲面は高次多項式などで表現するが、有限要素法で解析するためには、曲面形状を

FEM モデルと呼ばれる三角形や四面体などの要素の集まりで構成されるメッシュデータで表現する必要がある。表面のみのメッシュデータをシェルメッシュ、中身の詰まった立体を表現するメッシュデータをソリッドメッシュという。

CADmeister 上で開発したプリプロセッサは、操作者が入力した CAD の曲面形状から、実行するコマンド（機能）毎に形状データの大きさと機能に適したメッシュサイズを自動的に計算し、メッシュデータを作成する（図2）。より高い精度で解析したい場合は、コマンドの入力パネルでメッシュサイズを小さくすればよい。

自動的にメッシュデータを作成する上での課題は、どのような形状であっても安定的にメッシュ分割できること、すなわちメッシュ分割に失敗しないことである。自動メッシュ分割が失敗すると、後続の処理ができないため、CAE の存在を意識させない CAE 機能という考えからすると致命的な問題となる。例えば、幅が細く面積の小さな面などの微小形状に対しては、並行する 2 本の境界線を同一であると判断するなどの特化処理を施すことで、頑健な自動メッシュ分割を実現している。

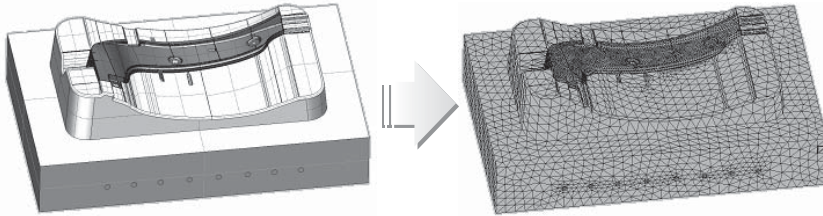


図2 メッシュデータの作成例

3.2 CAE ソルバの刷新

日本ユニシスグループの Dynavista^{®2} では、ねじれ見込みコマンドの変形解析に、独立した CAE ソルバを利用している。このコマンドでは、銅板の弾性変形を解析し、その結果を反映して CAD の曲面形状を変形している。ただし、CAE ソルバが独立したソフトウェア（EXE）であるため、CAD からバッチにより起動し、解析に使用するメッシュデータや解析結果をファイルで受け渡ししている。

今回 CADmeister 上で開発した CAE ソルバは、CAD システムの一部（DLL）として利用できるように刷新した（図3）。これにより、メモリ上でメッシュデータや解析結果を受け渡しできるようになり、合わせてソルバを並列化することで、解析レスポンスも向上した。その結果、独立したソルバと比較して、例えばシェルメッシュの 2 万要素で 8.6 倍、5 万要素で 7.0 倍のレスポンス向上を達成している。

3.3 解析結果の CAD への反映（ポストプロセッサ）

解析した結果を確認するには、CAD とは別ソフトウェアである CAE のポスト機能や CAD と CAE の連携機能を使って、解析結果ファイルを CAD へ取り込むことが必要となる。

CADmeister 上で開発したポストプロセッサは、ファイルではなくメモリ上で解析結果を受け渡すことにより、コマンドで入力した CAD 形状に対し、解析結果を反映して曲面形状を変形したり、曲面にコンター図を重ね合わせて表示するなど、CAD コマンドと同じ操作性で、

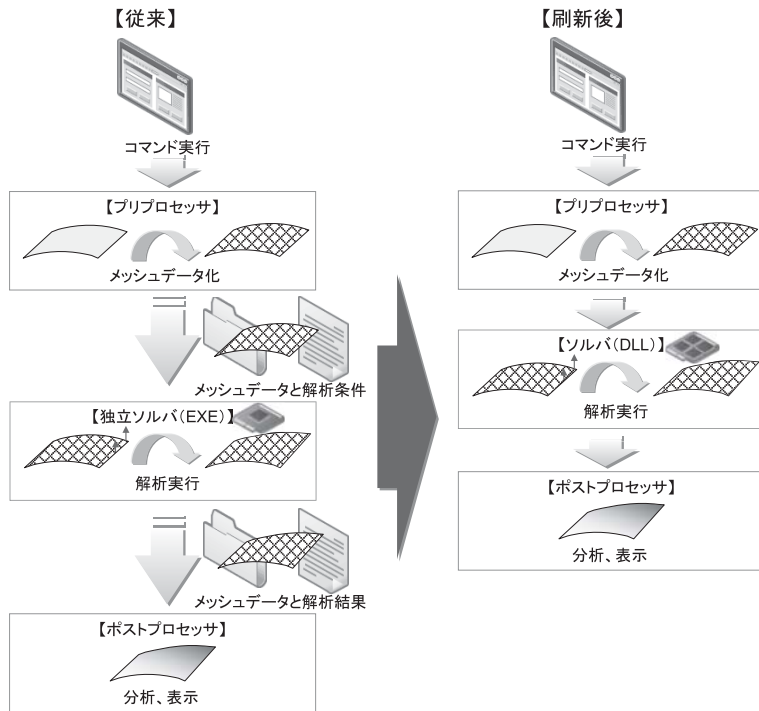


図3 従来ソルバと刷新後ソルバのイメージ

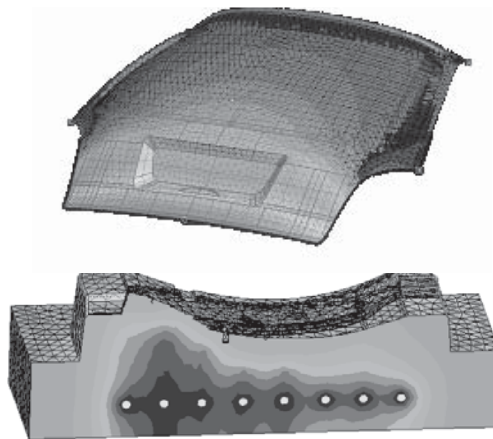


図4 CAD上での解析結果の確認例

条件を変更しながら繰り返し解析結果をレスポンス良く確認することができる(図4)。例えば、金型冷却解析機能では経過時間毎の複数の解析結果があるため、ファイルによる受け渡しと比較して、約60倍のレスポンス向上を達成している。

4. 開発機能の内容

本章では、前章で述べたCAD/CAEシームレス化の実現を基に開発した機能を紹介する。開発した機能は大分して2種類あり、一つはCADの曲面を变形するエンジンとしてCAEを

利用する力学的変形機能, もう一つは CAD システム上で, CAE によるシミュレーション結果を確認できる解析機能である.

4.1 力学的変形機能

一般の CAD の曲面変形機能は, 指示された条件から得られる変位点の間の補間を数学的なアルゴリズムによって決めている. そのため, 利用者が想像もしない形となることや, 金属の伸びの限度を超えて変形させてしまうことも少なくない. この課題を解決するのが, CAD コマンドと同じ操作性で, CAE の存在を意識せずに, 鋼板の弾性変形を解析し, その結果を用いて CAD の曲面を変形する力学的変形機能である^{[1][2]}.

数学的な補間のアルゴリズムではなく, 鋼板の弾性変形を CAE でシミュレーションする本解法では, 利用者に理解しやすい変形ができる. また, 変形解析後のメッシュデータから新しい曲面を作成するのではなく, 変形前後のメッシュデータの変位量を用いて曲面を変形するため, 変形前の曲面の性質 (曲面の傾向を表すパラメータ一定線など) を引き継ぐことができる.

4.1.1 力学的ねじれ見込みコマンド

プレス加工では, 鋼板はスプリングバックと呼ばれる弾性変形によりプレス前の形状に戻ろうとする. スプリングバックしても鋼板が求める製品形状となるよう, あらかじめ金型にスプリングバックによる戻りを見込んでおく際に, 本機能を利用する.

変形する曲面と, その面上点の移動ベクトル指示から, 鋼板の弾性変形を解析し, その結果を反映して曲面を変形する. 固定要素として移動せずに固定する線・面の指示や, 剛体要素として面の傾向を保持するように移動する面の指示のほか, 剛性レベルとして弾性変形の硬さ・柔らかさの指示ができる.

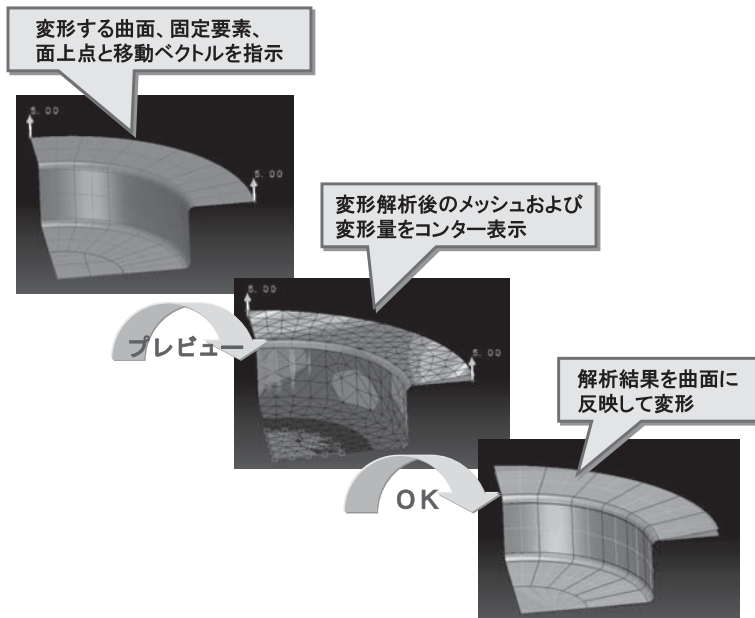


図5 力学的ねじれ見込み機能の実行例

また、プレビュー機能により、変形結果の確認と変形指示の調整を繰り返しながら、意図した変形結果となるようあらかじめ確認することもできる（図5）。

4.1.2 力学的大穴埋めコマンド

プレス加工の絞り金型作成のため、製品形状のCADデータに空いている大きな穴を埋める際に、本機能を利用する。

製品形状の穴の境界線を指示すると、平らな銅板を穴の周辺に押し当てたときに作られる銅板の形状を弾性変形として解析し、変形後の形状から穴埋め面を作成する。剛性レベルとして弾性変形の硬さ・柔らかさの指示ができる。また、プレビュー機能により、穴埋め面の形状をあらかじめ確認することもできる（図6）。

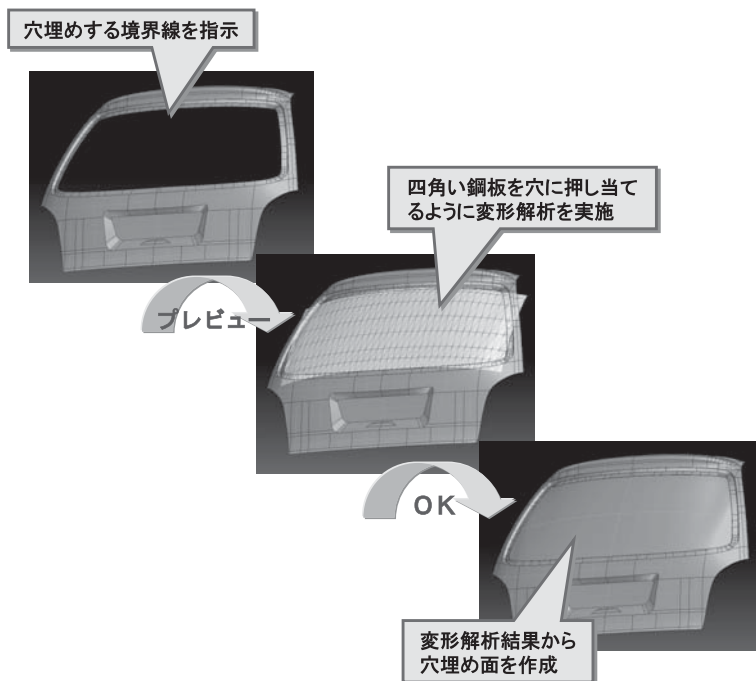


図6 力学的大穴埋め機能の実行例

4.1.3 力学的自重たわみコマンド

プレス銅板の成形時や搬送時、銅板が固定された状態では重力によりたわみが発生する。この自重による銅板のたわみ量を解析する際に、本機能を利用する。

製品形状の曲面と、固定する位置、重力方向、板厚の指示から、自重によるたわみの弾性変形を解析し、その結果を反映してたわみ後の製品形状の曲面を作成する。剛性レベルとして弾性変形の硬さ・柔らかさの指示ができる。また、プレビュー機能により、たわみ量をあらかじめ確認することもできる（図7）。

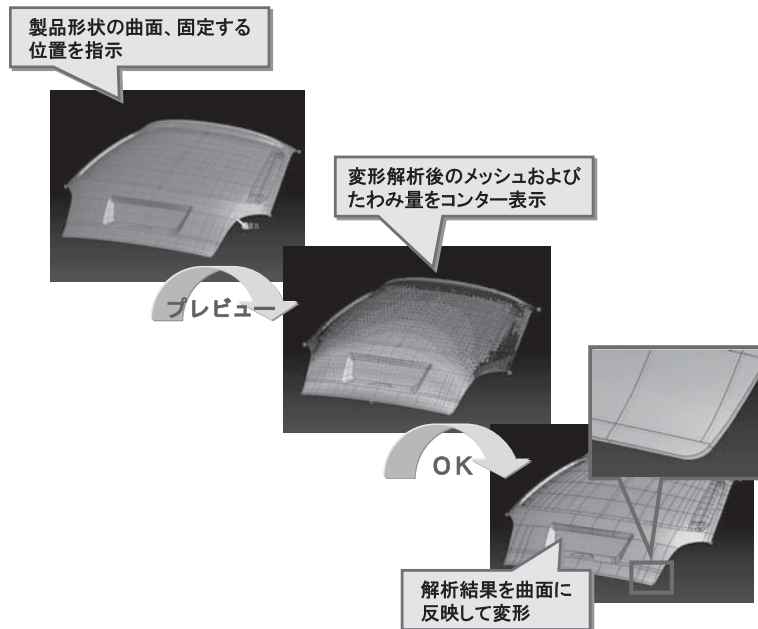


図7 力学的自重たわみ機能の実行例

4.2 解析機能

CAEによるシミュレーションには、専門的な知識や複雑な設定が必要で、解析の処理に時間がかかることが多い。この課題を解決するのが、CADコマンドと同じ操作性で、CAEの存在を意識せずに解析し、結果をCADシステム上で確認できる解析機能である。

CADシステム上で、シミュレーションの準備や条件設定が簡単にでき、CAEによる解析結果も確認できる。さらに、結果が思わしくなければCADの曲面形状を変更し、再度シミュレーションして結果を確認するサイクルを何度も回すことができる。

4.2.1 金型冷却解析コマンド

樹脂金型の冷却水管の配置設計で、高温の樹脂を金型に充填してから、金型が冷却されるまでの時間を解析し、水管の配置位置の妥当性を検証する際に、本機能を利用する。

金型（キャビティ、コア）形状、水管、金型の初期温度と水管温度、金型の材料物性値、計算条件から、非定常熱伝導解析を実施し、その結果を金型形状に重ね合わせて時間経過毎の温度分布を表示する。解析に必要な各種設定は、ウィザード方式のダイアログに従って簡単に進めることができる。温度分布のアニメーション表示や、温度分布を断面で確認すること、その他、解析結果を外部ファイルとして出力し、後にその結果を参照することもできる（図8）。

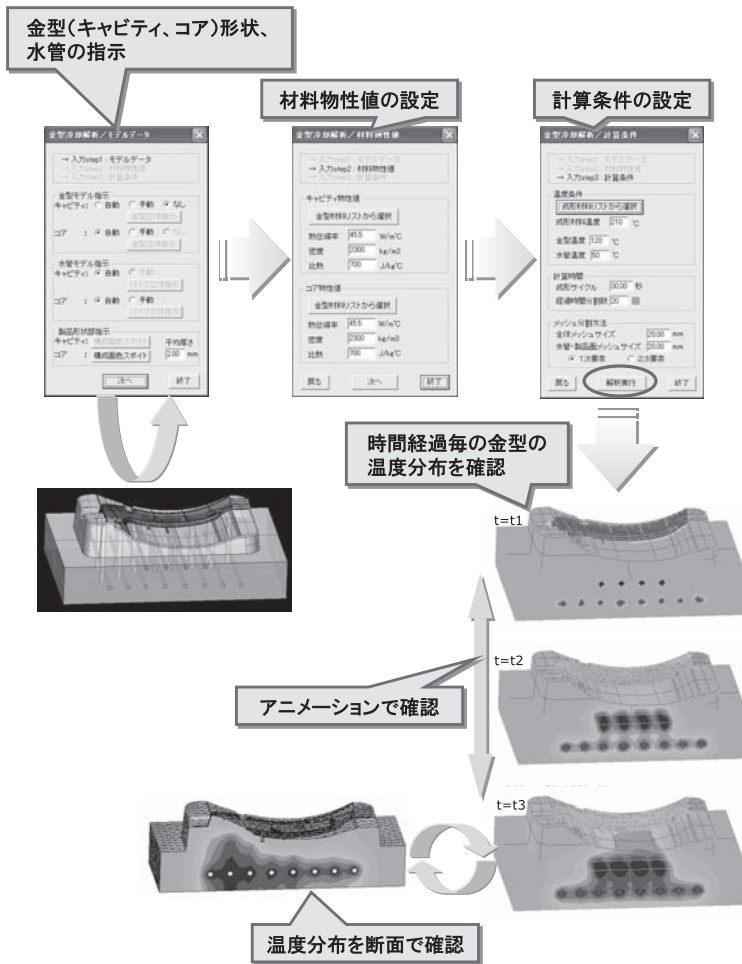


図 8 金型冷却解析機能の実行例

5. 評価

前章までに述べた CAD と CAE のシームレス化により、CAD コマンドと同じ操作性で CAE による解析を行い、その結果を CAD の曲面形状に反映したり、CAD システム上で確認することが可能になった。

曲面の作成や変形を伴う機能では、解析結果をプレビューできるようにした。力学的ねじれ見込みコマンドの例を挙げると、曲面の変形には処理時間がかかるため、従来の見込み変形コマンドでは変形結果の確認まで数分かかっていた。CAE ソルバを並列化および CAD システムの一部 (DLL) として部品化し、メモリ上でメッシュデータや解析結果を受け渡しできるようになり、解析処理が速くなったことで、数秒でメッシュの変形結果をプレビューできるようになった。顧客からは、CAE による鋼板の変形解析を意識することなく、すぐに結果を確認できるので、意図した変形結果であることを確認してから曲面を変形することができ、作業性が大幅に向上すると好評を得ている。

また、金型冷却解析コマンドでは、CAD システム上で、シミュレーションの準備や条件設定が簡単にでき、温度分布の解析結果も確認できるようになった。初期の水管配置位置での冷

却効率が思わしくなければ、水管の配置位置を変更して、再度シミュレーションし、結果を確認するサイクルを何度も回せるようになったことで、設計品質の向上が期待できる。

6. おわりに

CAE 機能が CAD コマンドと同じ操作性でレスポンス良く実行できることで、CAE 専任者でない設計者が気軽に利用できる CAD/CAE シームレス型の CAE 機能が実現できた。

今後は、応力・構造解析などのソルバ、および各種解析機能を整備するとともに、解析計算の GPGPU^{*3} 対応によるさらなるレスポンス向上を目指す。そして、冒頭でも述べたように、バーチャルな“ものづくり”を短時間で可能とし、設計リードタイム短縮につながるシステムを提供できるよう努めたい。

-
- * 1 CADmeister は、日本ユニシス・エクセリユーションズ株式会社が開発した、国産唯一の 3 次元統合 CAD/CAM システムである。CADmeister は、日本ユニシス・エクセリユーションズ株式会社の登録商標である。
 - * 2 Dynavista は、製品設計から金型設計、製造にいたる全プロセスをトータルに支援する CAD/CAM システムである。Dynavista は、日本ユニシス株式会社の登録商標である。
 - * 3 GPGPU とは、General Purpose computing on Graphics Processing Units (GPU による汎用目的計算) の略で、GPU を画像処理以外の汎用の数値計算に応用する技術のことである。GPU は CPU に比べ高い並列計算能力を持つ。

- 参考文献** [1] 谷本茂樹, 「曲面の力学的変形とその応用」, ユニシス技報, 日本ユニシス, Vol.30 No.1 通巻 104 号, 2010 年 6 月, P1 ~ 12
 [2] 中邨博之, 武井宏将, 「高品質な見込み変形機能の開発」, 型技術, 型技術協会, Vol.23 No.14, 2008 年 12 月, P36 ~ 37

執筆者紹介 田 鎖 利 基 (Toshiki Tagusari)

1994 年入社。CADCEUS, Dynavista の CAD 形状処理開発を中心に、特定顧客向け CAD システムの受託開発に従事。2010 年から、CADmeister の形状処理開発、CAE 開発を担当。

