

プレス金型 3 次元設計支援システム「CADCEUS/PressDesign」

CADCEUS/PressDesign : A Tool for Stamping Die Design using 3 D-Solid

下 木 和 敏

要 約 今日、自動車メーカーから金型メーカーまで、広く 3 次元ソリッドシステムを利用したプレス金型の設計作業が定着している。日本ユニシスは、1998 年いち早くプレス金型専用 CAD システム「CADCEUS/PressDesign」を発表し、プレス金型設計作業の 3 次元ソリッド化を支援してきた。CADCEUS/PressDesign には、最近成形性見込み機能やサイマルテニウス金型設計に向けての支援機能などを搭載し、プレス金型の 3 次元設計機能の充実を図っている。しかし、昨今の期間短縮・工数低減・高品質に対する要望からみると、設計評価機能や前後工程との連携に關しての課題も抱えている。今後は、3 次元データの流通や知識やノウハウを組み込むことによる設計評価の自動化など、より高度なシステム化に向けて取り組む予定である。

本稿では、CADCEUS/PressDesign システムのこれまでの取り組みと課題および今後の動向について述べる。2 章では、プレス金型設計システムに求められる要件を整理する。3 章では CADCEUS/PressDesign の現状機能の概要と課題について、4 章では今後の取り組みについて述べる。

Abstract Today, press die design, which makes use of 3 D solid system, is being widely used from automobile maker to die manufacture. Early in 1998, Nihon Unisys released CADCEUS/PressDesign; a CAD system specialized for press die design, and has supported the press die design in 3 Dsolid system.

In CADCEUS/PressDesign, functions, such as nearest mold estimation and simultaneous die design, are supplied for fully making use of the press 3 D design. However, concerning the demands for shorten production period, reduced cost and high quality, there exist challenges about design evaluation function, and cooperation between previous and following project. From now on, we intend to work toward the more sophisticated design system, including the automated design evaluation, by incorporating 3 D data exchange, design knowledge and technological know-how.

1. は じ め に

CADCEUS/PressDesign は、プレス金型専用の設計支援システムとして 1998 年の発表以来、自動車メーカーや大手金型メーカーを始め、多くの企業に導入されている。この間、設計・製造工程のデジタル化が加速し、3 次元ソリッドモデルを中核としたプレス金型の設計・製造が定着してきた。金型製作の期間短縮/コスト削減/品質向上を目指して自動車メーカーが主導してきたこの流れは、自動車業界の再編や製造業の国際化の流れに乗り、ますます重要性を高めつつある。

一方、金型はますます複雑かつ高機能化する傾向にあり、ソリッドモデルでなければ設計できない状況になりつつある。このためには、品質を織り込んだプレス金型固有形状の簡易な作成機能や、各種観点からの設計評価機能が必要となる。また、金型設計・製造工程の効率化のためには、金型設計工程や金型製造工程などの単一工程ではなく複数工程に跨ったプロセスの

改革が必要となる。このためには、プレス金型の3次元ソリッドモデルは、形状データだけではなく、後工程に繋げるための情報を保持する必要がある。たとえば、CAMに繋げるための加工情報や手配に繋げるための部品情報などである。金型の形状データに加えて、これらの非形状データを流通させることにより、後工程での工数低減や前工程での事前チェックが可能となる。

また、最近では金型産業のアジアシフトにより技術の空洞化が懸念されている。さらに、熟練技術者の高齢化にともない、技術の喪失とそれに伴う国際競争力の低下が危惧されている。このため、CAD/CAMシステムに対するノウハウや技術の組み込みが叫ばれ、知識を組み込んだシステムあるいは組み込みやすいシステムに対する期待が大きい。日本ユニシスは、これらの状況の変化の中でCADCEUS/PressDesignを進化・発展させてきた。

2. プレス金型設計について

プレス金型設計は、プレス機械の仕様を満たし型構造規格に準拠しつつ、決められた製品を成型するための金型を設計する作業である。金型設計では、部品メーカーから調達する市販部品や自社規格の個別部品などの各種の標準部品が使用される。金型設計者は、品質、コスト、期間を考慮しながら各種制約を満たす最適な解（＝設計）を見つけなければならない。この基準となるのは、コストや期間などである。さらに、金型設計では既存データを編集する設計手法や、標準データを活用する流用設計手法が、設計の効率化を目指して採用される。このような手法を適用するためには、編集を最初から考慮する必要がある。

また、金型設計作業は、スパイラル作業の形態をとり、一方向ではなく常に評価が行われる。ある程度設計を進めた後で、評価が行われそのまま進めるか、戻ってやり直すかの判断が入る。設計者は常に評価/判断を行っており、これに基づき次に何をするかを決めている。このような設計作業を支援するためには、次の様な要件を満足する必要がある。

- 1) プレス金型の3次元ソリッドモデルを、正確にかつ速く作成できること
 - ・製品面は、通常曲面として支給されるため、曲面データに対する操作が発生する。特に、製品面に対する成型を考慮した曲面変形は重要な作業である。通常は、金型設計に先立つダイフェース設計工程で、スプリングバックやオーバクラウンなどの変形が行われる。
 - ・プレス金型には固有の形状（セクダイ、裏肉など）があり、この形状を簡易に作成する機能も必要となる。これらの形状は、製品形状から決まる精度が要求される部分と適当にぼかして繋ぐ部分から構成され、これをいかに盛り込むかがポイントとなる。
- 2) 標準、個別に関わらず「部品」を、単なる形状ではなく「部品」として扱えること
 - ・「部品」は、単なる形状ではなく、購入費や部品の取り付け形状や加工などの情報が必要である。つまり、これらは形状だけでなく発注や加工（CAM）に繋げることにより、さらに大きな効果が期待できる。
 - ・また、金型には「部品」が多数使われるため、規格に適合した「部品」の選択と配置を簡易に行えることが必要である。
- 3) 設計変更に対して、柔軟にかつ簡易に対応できること
 - ・設計変更時に形状を再度作り直すのでは、作成工数が増大する。このため、パラメトリックに形状を変形できることは必須機能である。
 - ・昨今の工数低減取り組みで行われている、製品設計終了前に金型設計を始めることを考

慮すると、金型設計の元になった製品形状を置き換えることにより、それまでの設計作業を無駄にすることなく金型モデルを変形でできれば非常に有効である。また、製品置き換え機能は、自動車メーカなどで雛型データを流用できる場合にはより有効な機能となる。

4) 各種の設計評価ができること

- ・3次元ソリッドモデルは、それだけで2次元図面より視認性に優れている。このため、上下型の隙間や断面などは、目視でもある程度チェックすることができる。しかし、実際のプレス時の干渉や機構の評価のためには、上下型が動いている状態での評価が必要となり目視では限界がある。また、最近の複雑な金型では目視での評価は限界になりつつあり、高度なシミュレーションが必要になる。
- ・また、金型を3次元ソリッドモデル化することにより、モデル内の加工情報を元の後工程のCAMでの不具合がなくなるように事前チェックすることも可能になる。

5) 図面データが簡易に作成できること

- ・3次元ソリッド設計は浸透してきたが、最終成果物や各種検討のために図面が必要となる場合が多い。このため、3次元モデルから自動的に図面を作成する機能は依然として要求度が高い。このためには、用途に合わせた図面を3次元ソリッドモデルから自動的に作成する機能が必要である。
- ・この場合、3次元ソリッドモデルと関係を持ち、3次元モデルが変更された場合に自動的に図面を再作成する機能が有効である。

6) 後工程のための各種情報が保持ができること

- ・加工情報や部品情報などが付加された3次元ソリッドモデルを後工程に流通させることにより、より大きな効果を生むことができる。加工情報や部品情報は特に、CAMや部品手配などに繋げる情報である。

7) 図面レス化の流れ

- ・上記の通り、図面は現状でも重要な情報伝達の媒体であるが、金型の3次元ソリッド化に伴い、ソリッドデータそのものの流通が図られるようになってきた。これらのデータは、VRMLやXVLなどの軽量のデータで流通しており、形状データだけでなく設計意図を伝達するために、寸法や注記なども付加されている。
- ・さらに、加工情報や部品情報も合わせて出せれば図面の枚数をより削減することができる。

3. CADCEUS/PressDesignの現状機能と課題

CADCEUS/PressDesignは、CADCEUS標準のソリッド・パラメトリック機能をベースにプレス金型専用の機能群を追加したプレス金型専用の3次元設計支援システムである。プレス専用機能群は大きく分けて、プレス金型専用モデリング機能、標準部品関連機能、設計評価機能、部品表・図面関連機能および部品属性・加工特徴関連機能から構成される。

3.1 プレス金型専用モデリング機能

専用モデリング機能は、製品面そのものの変形と製品面と構造部のつなぎの部分および構造部用のモデリング機能に分類される。

1) 製品面変形

製品に対する、プレス成型要件を見込んだ変形を行う機能で以下のような変形機能がある。これらは複合面としての変形が可能であり、パラメトリックにも対応する。

- ・スプリングバック
- ・オーバクラウン
- ・ねじれ/たわみ見込み
- ・帯状徐変オフセット など

2) 製品面と構造部のつなぎ部

代表的な例として、セクダイ形状や裏肉形状がある。セクダイ形状作成機能は、刃物部分だけでなく、バックアップを含めた土台まで作成する。また、裏肉面は、製品形状の裏側形状を作成する機能であり、軽量の面を作成することが可能である。

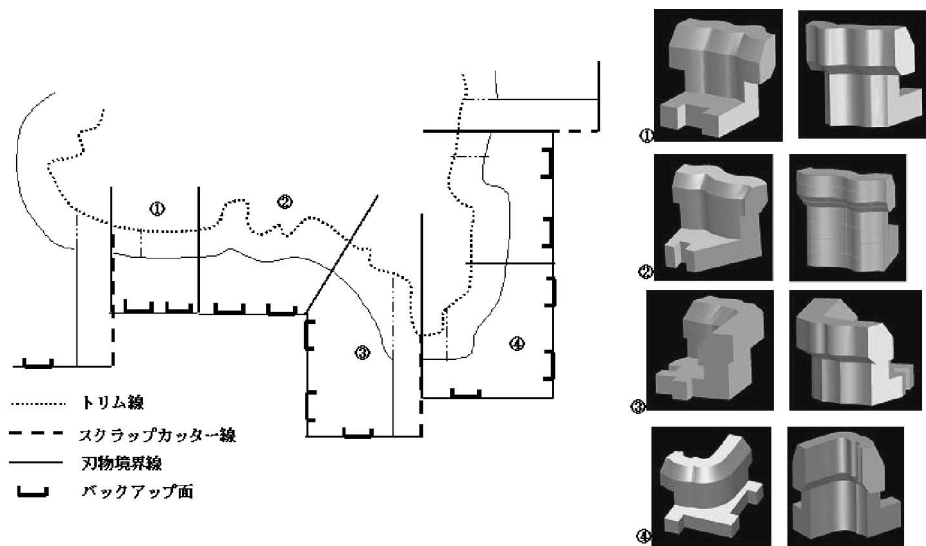


図 1 セクダイ作成例

3) 構造部形状

構造部は、リブなどの平面を主体とした解析形状が多い。三角リブについては、パラメトリックに変形や移動が可能な専用機能として提供している。

3.2 標準部品関連機能

標準部品については、標準部品の作成/選択/配置機能がある。標準部品データは、図 2 のように部品本体のほかに取り付け形状や各種属性などを付加し、フィーチャとして扱えるようにしている。フィーチャとして扱うことができる標準部品を金型本体に配置して集合演算すると、部品属性や加工特徴などが設定され、後工程との連携が容易にする。

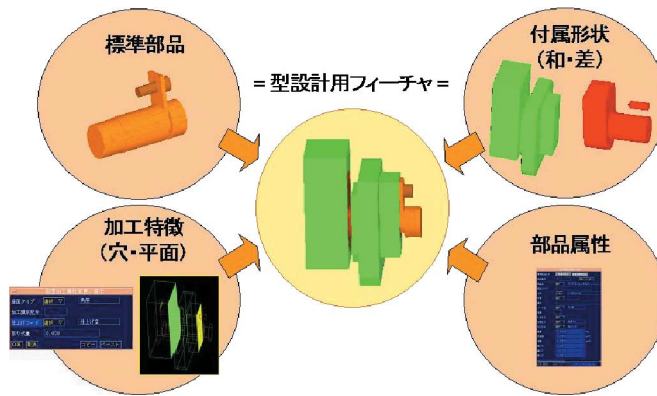


図 2 標準部品の構成 (型設計フィーチャ)

標準部品の選択から配置までは、一連の機能として用意されており簡単な操作で配置まで行う。標準部品の配置は、あらかじめ標準部品内に配置情報を設定しておき、拘束条件（線-線一致、面-面一致など）から目的の場所に配置することもできるし、ドラッグにより仮配置したあとに周辺形状や周辺部品を見ながら微調整を行うことも可能である。

また、バネとピースについては金型設計専用の選択/配置機能がある。バネについては、本数が多いため設計者の選択に時間がかかる場合が多い。これを短縮するためにプロファイル線長や必要圧力から自動的に本数を計算することができる。ピースは、製品面上に配置される部品で、ピースパンチ・リテーナ・ボタンダイなど各種の部品からなる。ピース配置機能は、これらの部品間の整合性をとりながら簡易に選択および配置する機能である。

3.3 設計評価機能

設計の評価は、設計作業中に随時行われる。本システムでは断面を中心とした評価や3次元モデルの特性を利用した立体としての評価および金型が稼働している状態を考慮した動的な評価がある。

断面作成機能は、予めチェックしたい断面を登録することにより、瞬時に該当断面での評価（距離計測など）を可能とする。断面表示は位置や切断平面をリアルタイムに変更することができる。また、任意の断面位置での干渉の評価を行うことができる。

立体を利用した評価には、上下型間や部品間のクリアランスを評価するための隙間干渉機能がある。

動的な評価では、一般的な配置解析機能に加えて、プレス金型に特化した動的解析機能を提供している。入力を大幅に簡素化し、搬送を考慮したシミュレーションが可能である。また、干渉曲線を利用して、トランスファー装置との干渉も確認することができる。

3.4 部品表・図面作成機能

モデル内の部品属性情報から自動的に手配用の部品表を作成することができる。部品表の形式は各社で異なるため、部品表の形式や項目は事前に登録することができる。

図面作成機能については、CADCEUSの標準の自動図面機能（3次元モデルから図面データを作成する機能）に加えて、部品図に対する風船作成機能がある。図面の表題欄は各社で異な

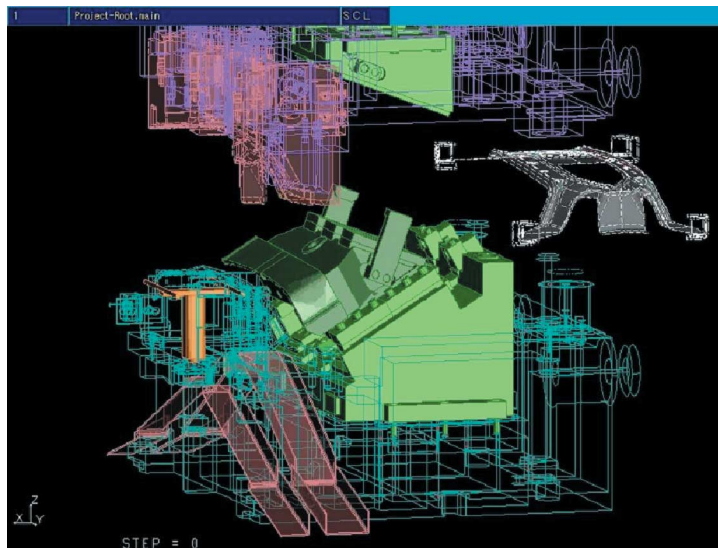


図 3 プレス金型の動的解析

るためカスタマイズが可能である。また、加工用の図面作成機能としては、加工特徴から自動的に高さ寸法を作成する機能や、穴情報を自動的に作成する機能がある。

さらに、設計段階で金型製作費を見積もるための機能も用意されている。金型製作費も見積もり方法は異なるので、カスタマイズ可能である。また、見積もりデータは csv 形式のファイルとして出力し、表計算 SW などの外部アプリケーションを利用して編集することができる。

3.5 部品属性・加工特徴関連機能

部品属性と加工特徴は、標準部品を配置して集合演算することにより金型モデル内に自動的に付加されるが、個別に付加することもできる。既設部品属性や加工特徴を変更することもできる。また、部品属性については、csv ファイルとして外部出力し、変更後取り込むことができる。たとえば、自社部品番号から納入先部品番号への一括変更はこの機能により簡易に行うことができる。

3.6 サイマルテニアス金型設計機能

製品設計と金型設計作業の並行作業を支援するために製品形状の置き換え機能がある。製品面は複数の面から構成されているため、これを一括で置き換えられことが重要である。また、置き換え後に正しくパラメ再生を行うためには、置き換え前後の要素の対応付けが必要である。このため置き換え前後の形状を同時に表示し、後方参照されている要素を順にエコーし対応付けを促すナビゲーション機能がある。

置き換え前後で再生の任意の時点での差分を表示する機能（カンニング機能）を提供し、再生エラー時のリカバリを支援する。

同様な仕組みを移用して雛型設計支援が可能で、雛型を作成するための各種履歴制御の機能がある。図 5 は、一つの雛形で各種パターンを表すための履歴制御機能である。この例では、貫通穴と多段穴を作成する履歴を作成し、立方体の高さにより一方を抑止し他方を抑止解除することにより、1 雛形で 2 パターンの穴あけを表現している。

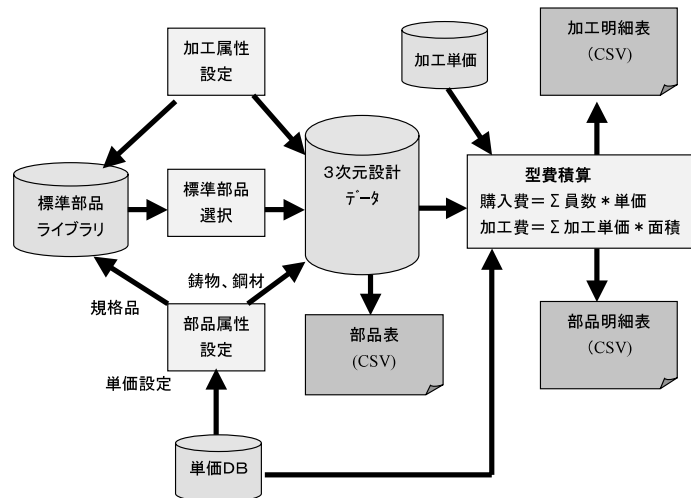


図 4 部品属性と加工特徴を利用した金型製作費見積もり

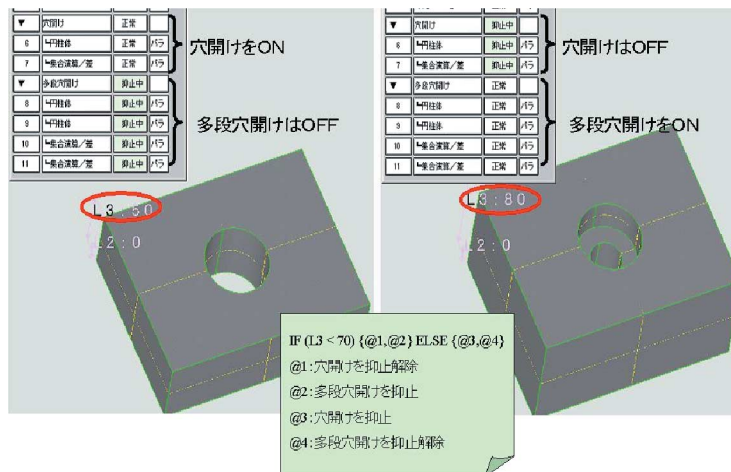


図 5 雛形モデルにおける履歴の制御

3.7 課題について

上記のように、CADCEUS/PressDesign はプレス金型設計の開始から終了までを網羅的に支援する機能群を備えている。これらの機能を使えば、プレス金型の3次元ソリッドモデルを効率的に作成することができる。しかしいくつか課題も抱えている。主な課題について以下に述べる。

1) 自動化のレベル

自動化については、モデリングの課題と標準部品配置の課題がある。

- ・典型的なプレス金型専用形状（セクダイ、裏肉）など単一の形状は、簡単な指示で作成することができるがカムなどの複合形状は容易には作成できない。また、リブなどの簡単な形状でも、複雑な設計条件を満足させることは困難である。
- ・標準部品配置については、現状では1部品ずつ手動で行う必要がある。取り付く周辺形状からある程度半自動的に配置する機能や、複数個の一括配置などの課題が上げられる。

2) 設計評価機能

設計の評価機能に関しては、形状の正当性の評価はある程度行えるが、属性を含めた整合性の評価はできない。

- ・形状の評価は、設計者が評価時期を決めて個々に評価する以外にも、設計作業途中で自然に評価が行われ、警告を出すような仕組みが望ましい。特に、複雑な金型になると設計者のチェック漏れが発生しやすい。
- ・属性に関しては、手配に繋がる部品属性が正しいかどうかや、加工特徴がないため加工漏れが発生するような不具合をガードする機能が望まれる。

3) 図面レスへの取り組み

3次元設計が一般化してきて、3次元データが流通してきているが、これまでに流通している図面データには形状だけでなく種々の文字情報が含まれている。3次元データの流通を考慮すると、これら形状以外の情報をいかに Vierwer へ渡すかが課題として上げられる。更に属性を含めた CAD データ以外のドキュメントの参照機能も必要になる。

4) 知識・ノウハウの利用

金型設計の明文化された設計基準は、かなりの部分がシステム化されてきている。しかし、明文化されていない知識やノウハウは依然設計者のスキルに任されている。これらの暗黙の知識やノウハウをいかに抽出し設計支援システムに生かすかは、今後の大きな課題である。

5) 前後工程との密接な連携

単一工程の効率化だけでは、金型設計・製作を通しての効率化には限界がある。前後工程とでデータを共通化し、なるべく事前に品質を織り込むことで手戻りをなくするための仕組みが必要である。

4. 今後の取り組みについて

今までの取り組みは、プレス金型の 3 次元ソリッドモデルを作成するための機能の充実という観点であった。早期の品質織込みによる工数・期間の短縮およびコストの削減という目的のためには、より速くより高品質な金型を作成することが必要である。この要求は実用化レベルに入った知識利用の枠組みを使うことにより解決できると考えている。

4.1 シミュレーションと連動した形状作成

製品形状変形機能は、現在最も力を入れている機能の一つであるが、今後は成形性シミュレーション前後の形状比較や、トライプレス後の実際の金型との比較を行い、これを現状の変形機能と連携させることが重要になる。変形部位や変形量あるいは変形方法は、各社固有のノウハウでありこれをシステム化できれば効果は大きい。また、変形箇所や変形方法により形状の変形方法はパターン化でき、これらをシステムに組み込むことによりバリエーションの追加および操作の簡便化が図れる。

また、カムなどの複雑な機構を有する部品に対しては、特化した専用機能が有効と考えられる。断面形状のスケッチから基本立体を作成し各種標準部品を取り付けるまでの一連の作業の簡素化を狙いたい。

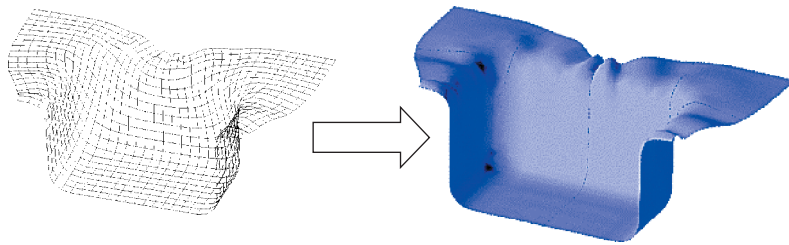


図 6 FEM 解析結果からの面創成機能

4.2 設計評価と最適化

設計評価については、個々の評価機能も重要であるが、評価のタイミングがより重要である。現状では、評価のタイミングは設計者に委ねられている。これが設計者毎の差を生み出す原因となっており、設計品質にばらつきが生まれる。これを解消するためには、各社独自の評価基準をシステム化し、自動的に評価が出来る仕組みが有効である。また、評価基準は変化するため設計評価機能は、柔軟に変更可能でなければならない。この機能については、知識やノウハウを利用できる枠組みの中で実現することにより、より効果を上げることができると考えられる。また、設計→設計評価→設計変更→再評価→・・・の流れをシステム化することにより、最適設計が可能となる。

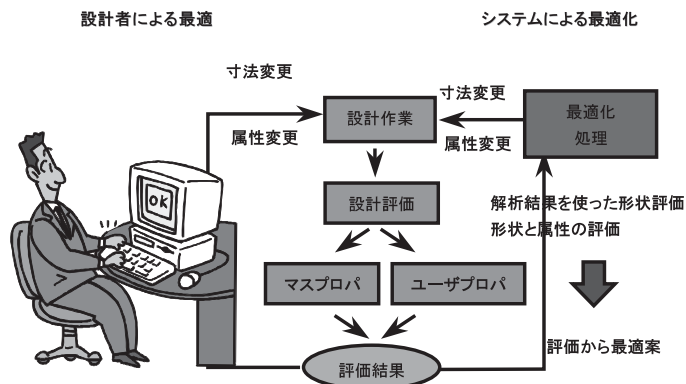


図 7 最適設計イメージ

4.3 図面レス化への取り組み

3次元ソリッドモデルを従来の図面の代替とするために、3D注記などを利用して図面上に文字として記載されていた各種情報を Viewer へ渡す。検図用の図面としてはこれである程度代替可能であるが、部品手配や加工用の図面の代わりはできない。これらの用途のためには部品属性や加工特徴を形状とともに流通させて、形状からこれらの属性を参照する必要がある。

4.4 設計知識やノウハウの組み込み

明文化された知識やノウハウは現状でもある程度システムに組み込まれている。明文化できない知識やノウハウは、設計作業中に刻々と変化するためシステム化できなかった要件であったが、最近の知識ベースシステムでは柔軟に適用する知識を一時的に無効化するなどダイナミ

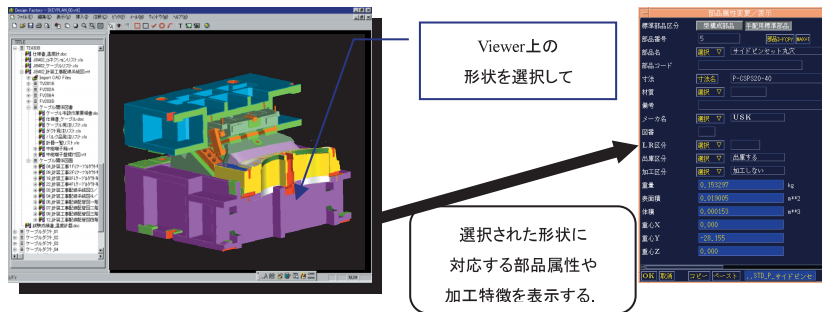


図 8 Vierwer 上での属性確認

ックに変えることのできる機能を備え始めている。この知識ベースシステムの機能を利用することにより、形式化できない知識やノウハウのシステム化への取り組みが可能となった。

5. お わ り に

プレス金型設計における、3D ソリッド化はある程度普及し効果を上げている。3D 設計が当たり前になっている現状で、更なる効果を出すための飛躍が求められている。CADCEUS/PressDesign はこの分野で先駆的役割を果たしてきたが、近年、同等機能を提供する他社 SW の追随を受けている。これまでの優位性を維持・拡大させるために、一層の専用機能化およびナレッジ化を進めようとしている。このためには、業務改革を含めた自動車メーカーや金型メーカーの協力が必須であり、今後ともユーザー各社と一体となってシステムを進化させていきたい。

- 参考文献** [1] 松林 毅：プレス金型 3 次元設計支援システム「CADCEUS/PressDesign」紹介型技術ワークショップ 2000 in 広島公演論文集, pp.80-81.
[2] 小川真智：プレス金型 3 次元設計支援システム「CADCEUS/PressDesign」紹介型技術者会議 2001 講演論文集, pp.88-89.

執筆者紹介 下 木 和 敏 (Kazutoshi Shimoki)

1957 年生。1981 年大阪大学理学部数学科卒業。同年日本ユニバック(株)(現日本ユニシス(株))入社。CAD/CAM システム開発に従事。現在、日本ユニシス・ソフトウェア(株)へ出向中。