

# 樹脂金型設計におけるソリッド設計の考え方と応用

## Solid-oriented Applications in Mold Die Engineering

平 林 哲 生

**要 約** 樹脂金型業界は、これまでの伝統的な 2 次元設計では設計の品質と生産性のいずれの観点でも現状以上の型開発の向上は望めないと認識している。一方、一層の納期短縮とコスト低減は厳しい競争環境での生き残りの必須条件とされる。この打開策としてソリッドの活用による設計品質向上と設計・生産準備一貫作業によるコスト低減が注目されている。本稿ではソリッドモデル基準の 3 次元設計の考え方と手法をまず述べる。ソリッドモデルに後工程の自動化に寄与する各種非形状属性を付与することにより、モデリング作業の効率化のみならず部品表作成、型図作成、加工特徴を介した穴加工との連動など型開発全体の作業が品質、納期の観点で見通しが良くなることを示す。ソリッドの実務への適用は徐々に拡大しており 2 次元設計との対比で 30% 程度の型開発工数低減の報告もある。一層のソリッドモデルの活用は樹脂金型開発の改革に寄与しよう。

**Abstract** It is recognized in mold die industry that conventional 2 D based design has little potentiality to further improve die development both from design quality and productivity point of views. It is also well understood that further reduction of development time and cost is an essential condition for surviving in severe competitive environment. In order to resolve this situation, solid model based design quality improvement and cost reduction by integrated design and manufacturing preparation are attracting mold die maker's attention. This paper first describes basic considerations and methods of solid model based 3 D design. It is explained that not only shape modelling efficiency is improved but also overall die development activities are improved such as Bill Of Material creation, die drawing creation, integrated design and machining via machining feature by attaching non-geometric attributes to a solid model. Application of solid models to practical mold die development is gradually increasing and some reports show that 30% die development man hour reduction compared with conventional 2 D based die development is realistic. Further increase of solid model deployment will contribute to the innovation of mold die development.

### 1. は じ め に

ここ数年の間にソリッドモデリングの考え方に基づいた金型設計が普及しはじめ、徐々に定着してきた。近年の格段のハードウェア技術とソフトウェア技術の進歩に支えられて、ソリッドモデリングに基づく設計技法が pc で手軽に効率よく利用できるようになったことがその大きな理由である。本稿では、樹脂金型設計に特化した専用アプリケーションソフトウェアである CADCEUS/MoldDesign システムの開発と業務適用の経験をもとに、樹脂金型の設計におけるソリッド設計の有効性と今後に向けた課題を論じる。

第 2 章では、樹脂金型設計における大まかな工程と流れを概説する。

第 3 章では、これを踏まえて 3 次元設計 CAD に求められる要件を要約する。

第 4 章では、形状と意味の一体化という観点でソリッドモデリングの有効性を要約する。

第 5 章では、CADCEUS/MoldDesign システムの開発と適用経験を通じて操作性・表示制御・

効率・データ標準化・意味付けとその活用などについて、感じてきた問題意識と講じてきた解決策を詳述する。

第6章では、今後の開発の方向性について現在検討していることを概説する。

## 2. 樹脂金型設計の流れ

樹脂金型の設計プロセスは大きく分けると、製品にかかわる形状部設計と金型の構造部設計からなる。形状部設計とは、最終的な製品形状を表す製品モデルに対して、これを射出成形により製作するために必要な形状要件を折り込むことである。構造部設計とは、射出成形するために必要となる金型の構成・構造を決定し、製品を金型から取り出す機構を決定する、多種多数の部品群を配置するとともに対応する穴あけ加工データを生成することである。

### 2.1 形状部設計

製品モデルは一般にはCADデータで受領する。この工程では、次にあげるような観点で元になる製品モデルの一部の形状を変更したり、あるいは必要な形状を付加する。こうして完成する金型モデル（図1）が次節の構造部設計をする上での基準モデルとなる。

- ・製品外周部あるいは内奥部のアンダカット部位<sup>\*1</sup>の所在検査と形状把握をした上で、機構をできるだけ単純化できるような製品モデルの金型内での姿勢と位置を確定する。
- ・冷却過程で起きる樹脂の収縮を見込んでモデルを拡大する。
- ・製品の強度を保持するために必要なボスやリブなどの補強形状を付加する。
- ・金型を構成する上で必要なパーティング面（図1）、穴埋め面などの分割面を作成する。
- ・製品を円滑に離型するために必要な抜き勾配を付加する。

これらモデルの形状作成、変更と並んで、型割りといわれる樹脂金型に特有の設計がなされる。これは製品をおもて側とうら側に分離し、それぞれキャビティ、コア（図1）といわれる二つの部位に分割する。空洞をなすその間隙に液化した樹脂を流し込み成形する仕組みである。

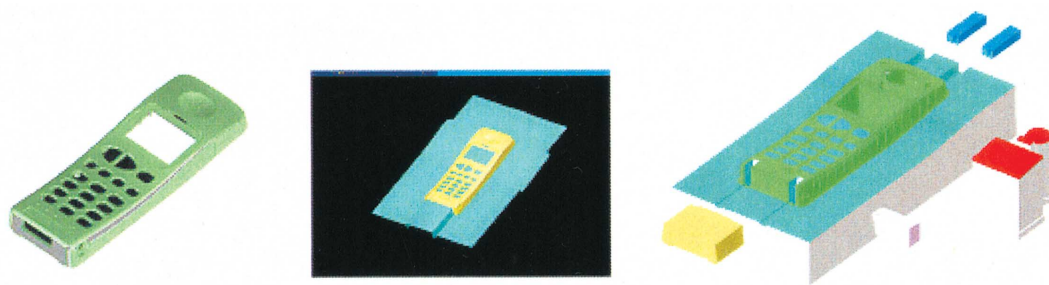


図1 製品の金型モデル、パーティング面、コア

### 2.2 構造部設計

構造部設計の工程は、構想設計と詳細設計に大別される。前者は時間的に先行するものであるが、製品に直結する金型の最も主要な部分を設計することであり難度が高い。後者は部品の配置が主体であり、下流工程である穴あけ加工（CAM）システムとの連携が重要となる。

### 2.2.1 構 想 設 計

構想設計では製品の外郭サイズだけでなく、アンダカット部位の位置と範囲と深さに応じた回避機構，および金型を締め付けるときの外圧と樹脂を注入するときの内圧に耐えられるための補強物の配置などを検討し，金型全体としての構造と外郭サイズを仮決める．引き続きスライドコア（図2），傾斜コア（図3），直上コアなどアンダカットを回避する機構を第1優先で詳細化して行く．

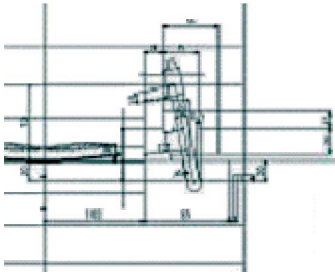


図2 スライドコア

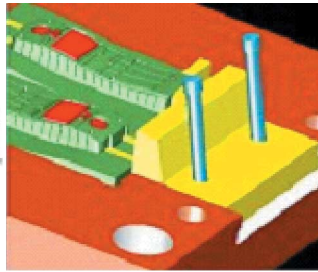


図3 傾斜コア

これら機構部品は金型が閉じているときの初期状態においては製品形状に密着させる．したがって接合部は製品に忠実な形状でなければならない．また金型が開くときにはある方向に逃がして（抜いて）行くが，その過程で製品に傷をつけてはならない．機構タイプの決定，そのスライド逃がし方向と距離の適合性検討，周辺形状および複数の機構部位同士の干渉防止を確認しながら，機構を構成する複数個の部品群の組み合わせとそれぞれのサイズ，位置を確定して行く難度が高い設計作業である．

機構部位は金型の内部に格納され，かつ3次元的に動くものであるから，その検討過程で金型のサイズを調整するし，逆に金型のサイズを基準にしてその内部に格納できるよう試行錯誤を繰り返す．この段階までで確定した金型の構造とスライドコア（外縁部にある台形の部位）は図4に示す通りである．

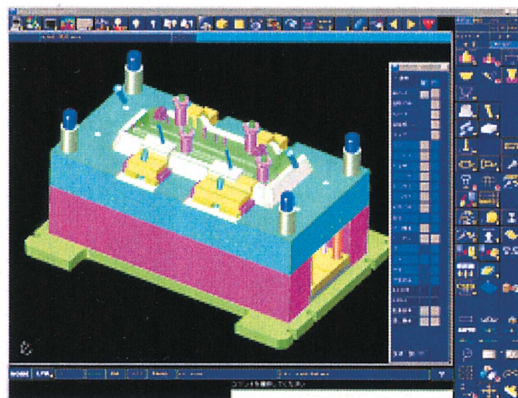


図4 金型の構造

その後，最重要部品であり，かつどちらも本数が多い冷却穴の配管と突き出しピンの配置設

計がつづく。特に大型製品金型の設計・製造現場では、納期を短縮するために金型の鋼材を早めの手配できること、また手配した鋼材が到着すると直ぐに水管穴と突き出しピンの穴あけ加工が先行できることが重要な業務要件となっている。

### 2.2.2 詳細設計

樹脂金型で使用される部品には数十の種類がある。この工程では、金型を締め付ける部品、金型の開閉時にぶれやずれが生じないように型板を誘導したり開閉動作を押しとどめる部品、金型が開いた後の突き出しを円滑に行うための部品、溶融した樹脂の流路を中継したり塞ぐ部品など各種専用部品を配置して行く。

個々の部品の配置自体は比較的単純であるが、部品本体のみならずそれらの穴まで考えてお互いに干渉することがないように試行錯誤を繰り返すことが多い。各種部品を配置した後の金型の内部構造は図5に示す通りである。

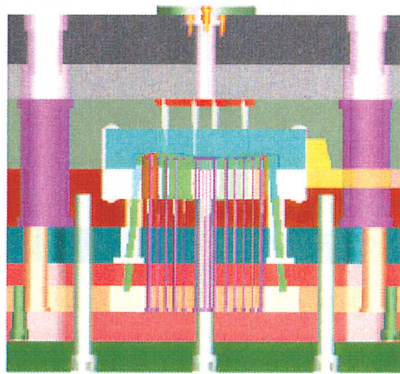


図5 金型の内部構造

配置された部品はその実体が確定したことになる。個々の部品がもつ固有の設計情報（部品属性）を分類・集計し部品表を作成すると共に、調達のための手配資料を作成する。また部品ごとにその特性に応じて、穴に関する標準的な規格が定められている。その規格に基づいて、型板(プレート)やコアなど穴をあけるべき対象に対して干渉する部品を集計することにより、部品図や穴表など穴あけ加工に必要な図表を作成する。

## 3. 3次元設計 CAD が備えるべき要件

樹脂金型の設計において最大の課題は、短納期化をいかに実現するかということである。納期を短縮するためには設計作業の生産性を上げることと設計ミスを防止することが必要である。したがって、樹脂金型設計の CAD システムは以下に挙げる機能要件を満たすものでなければならない。

### 1) 複雑で面倒なモデリング作業の軽減が可能なこと

電極先端の放電部位、スライド接合部位の形状が少ない工数で作成できることが必要である。特に電極は加工精度要求が厳しいため微細な形状を作成あるいは変更できるものでなければならない。

2) 標準部品のデータライブラリ化の機能が備わっていること

モールドベース（金型を構成する型板を組み合わせたものの総称）、各種取り付け部品について、市販品だけでなく自社規格品を登録できる仕組みが必要である。部品については単品部品だけでなく、後述するセット部品、ユニット部品など階層をもつ複合部品が必要である。

3) モールドベースの検討、部品の配置設計では試行錯誤に柔軟に追従できること

これらは位置とサイズを仮決めした後、周りにある形状や他部品との関係でサイズを調整したり位置を変更することを何度も繰り返す。この試行錯誤が手早く単純な操作でできることが必要である。

4) 機構部位および部品同士の干渉検査

アングカットを回避するためのスライドや傾斜機構部位は、3次元的に動く部品である。運動するとき周りにある形状や他部品に対して干渉しないよう設計段階で検査できることが必要である。

また配置済みの部品同士、特に縦横に走る水管穴に対して他部品が干渉しないことの安全確認検査が重要である。

5) 図面作成の省力化

3次元設計を進めても、図面作成に要する工数が設計全体の25%から40%程度を占めているのが現実である。穴あけ加工のための既存CAMシステムへの同調、加工や金型の組み立てを他社へ外注するなど現場の作業形態から見ると、まだまだ部品図と組図を介する情報伝達が不可欠である。したがって3次元設計の成果が図面作成のための工数短縮につながるものでなければならない。

6) 穴あけ加工情報の自動生成

金型に取り付ける各種部品について、対応する穴の段数と各段ごとの径と深さ、加工上の精度（粗度）は規格化されている。これら加工特徴をシステム内部で保守することにより、型板に対する穴加工データを自動的に生成できるべきである。部品サイズなど変更に対しても自動的に連動できるべきである。すなわち、設計の効果がCAM加工に自動的に直結できるものでなければならない。

7) サーフェスモデルへの対応

製品モデルが未完成の状態でも金型設計を始める。形状の欠落があるし、作成済みの形状が変更されることも頻繁に発生する（設変）。一方、樹脂金型に特有のことであるが、製品モデルに対して射出成形するための形状変更を加えて金型モデルを作成する（第2章参照）。また形状の特質という点から見ると、製品モデルはデザイン性が重視されるいわゆる意匠面であり、自由曲面で作成されることが多い。

元になる製品モデル自体の変更と金型モデルを作成するための変更の際して、一般に再度のモデリング作業は小さな領域内で周りの形状にあわせる細かい作業が続くことが多い。そのため一つのサーフェスごとに形状を作成し直すことが広い範囲にわたってなされる。つまりある領域内の形状のまとまりを部位として捉える集合演算や局所変形を主とするソリッドモデリング手法だけでは設計の実情に合わない面もある。したがって製品モデル、金型モデルとも細部の変更に強いサーフェスモデルを許容することが適用拡大につながる。

もう一つ重要なことは、このようにしてでき上がる金型モデルを完全な一つのソリッドにすること自体が難しい。製品のデータ量が大きくなると、事実上ソリッド化するための形状修復（ヒーリング）が不可能になる。サーフェスモデルでも金型設計ができるべきである。ソリッドモデル、サーフェスモデルそれぞれの利点を生かすために両者の中間的なモデルを考えることができる（第6章参照）。

#### 4. ソリッドモデリングの特徴と有効性

樹脂製品は本来的に肉厚をもつ形状である。製品としての本体形状のみならず、その構成部位である穴、リブ、ボスもそうであるし、さらに金型の構成部品である型板、スライドコア、および各種ピンやブッシュ類など取り付けの部品もすべて内部が詰まったソリッドの性質を自ずから内包している。

ある形状のまとまり（形状単位）がソリッドであるとは、システム内部の情報としては次の三つの特性と意味をもつ。

- ・関連する幾何形状群が論理的にも物理的にも一体化しており、全体で閉じた一つの形状単位（部品）として識別できる。

これによりソリッドを実際の部品に自然に対応つけることができる。樹脂金型の設計においては型割り、駒割り、干渉検査、重量・体積計算、穴あけ、解析など基本的な機能が直感的かつ簡単な操作で利用できる。

- ・形状単位に対してアプリケーション固有の情報を付与できる。

これにより部品属性、加工属性、解析属性など目的に応じた意味（フィーチャ）と設計情報を幾何形状と一体で生成・保守できる。

- ・形状単位が自分自身を生成するために必要な寸法と生成手順を保持している。

これにより標準部品を簡単に登録できる。またそれを参照して配置、サイズ変更、位置変更など設計の試行錯誤に対応させることができる。また寸法同士の間参照関係や拘束関係、あるいは制約条件を埋め込むことにより、設計に関する規格やルールを内蔵させることもできる。

樹脂金型の設計においてソリッドモデリングの利点を活用できる応用例として次のようなものがある。

##### 1) 形状処理の簡便性

- ・型割り、駒割り

実物を手づかみする感覚と操作で、製品やコアなど対象形状全体を塊としてとらえて分割したり、部分的に切り出すことができる。

- ・造形

製品形状に密着させる状態で造形する部品が多くある。コアピン、センタピン、傾斜コア、スライドコアなどの製品接合部、電極の先端形状（図6）など、製品を基準形状と見たときの反転形状が簡単に作成できる。

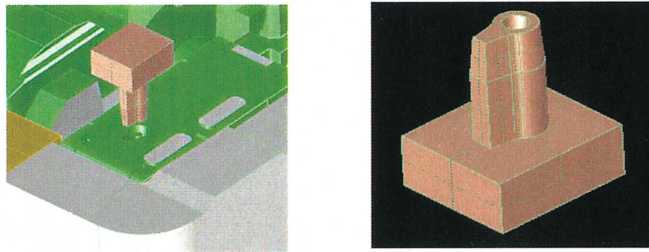


図6 電極（製品に対する反転形状部品）

#### ・干渉検査，穴あけ

狭い金型空間の中に数十から数百の部品が配置されるため，お互いに干渉しないことの保証が必須となる．形状全体の本来の複雑さと3次元形状把握の困難性の下で，錯綜する多くの部品同士の近接または干渉状態を目視で把握することは量的にも質的にもできない．個々の部品が明確に識別でき，ひとまとまりの形状として関連つけられているソリッドであるならば，システムによる一括，自動的な干渉の状態検査と定量評価ができる．

穴あけについても同様である．

#### 2) 意味（フィーチャ）の付加

部品一体を表すソリッド形状に対して名前や属性をもたせることができる．名称，寸法，材質，手配先，穴タイプ，加工粗度など目的と用途に応じてさまざまな設計・加工情報をもたせることにより，設計行為が内包する多面的な付加価値を活用できることになる．

これらの情報（部品属性，加工属性）に基づいて，部品表作成と部品手配，部品図・組図への注釈記入，加工への穴特性伝達など，応用への展開が広がる．ここで重要なことは，これら情報は金型設計段階で自動的に生成・保守され，金型を構成する部品自身が保持していることである．モデルとの整合と一貫性が保たれることにより，矛盾のないトータルな設計品質の向上を図ることができる．

#### 3) 部品の標準化

樹脂金型の設計では多くの標準部品，規格部品を使用する．部品のデータ規格化とその用途・使用法を標準化することにより，無駄のないデータの作成と共用が可能となる．登録すべきひな形部品は，回転体・掃引体など単純な基本形状の組み合わせでソリッドを作成し，寸法表を対応付けることででき上がる．

部品本体，穴あけ立体の寸法とも含めると，ボルトのようにごく普通に使用される部品でも十数個の寸法を決めなければならないが，データと使用法を標準化することで呼び寸法はか二つないしは三つ程度の取り付け時にのみ決まる寸法を指定するだけで，その他の寸法をすべて規格に基づいて決定することができる．標準化された部品データを参照するとき，入力操作の煩雑さを解消できる効果大きい．

### 5. 開発する上で留意してきたこと

#### 5.1 設計の試行錯誤への対応

設計作業はもともと試行錯誤の繰り返しであり，部品の寸法・位置・取り付け条件（廻り止めの有無，角度など）の変更や複写，取消しが頻繁に発生する．金型のサイズ決定，スライド

機構部位を成すユニット部品の配置（5.5 節参照）、各種部品の配置など、いろいろな場面で初期検討-位置とサイズの仮決め-評価-変更-確定の設計サイクルに簡単な指示で、手早く追従できるものでなければならない。変更の反映は、パラメトリック再生機能に基づいて実現しているが、使用者はシステム内部の仕組みを意識する必要はない。金型設計に特化した専用機能を用意しており、目的行為に則して目的部品を実物感覚で操作できる。

## 5.2 特化した表示制御

CAD システムへの要件として一番重要なことは、形状把握のための視認性がよいことである。3 次元の部品群が錯綜する樹脂金型では特にあてはまる。設計の場面ごとに、視野にいれべき対象形状の範囲は異なるが、これを簡単に切り替えできることが必要である。型板、部品など金型構成部品の意味と特性に応じて対象を分類し、多数の複雑な 3 次元物体の塊全体に対して、全体表示、固定側と可動側の一方表示、または個別選択的に表示制御する簡便な仕組みを採用している。

上記の汎用的な表示制御とは別に、使用者が表示対象物を適当に区分することにより、目的に応じた色と表示を制御することもできる。例えば形状部の設計場面では、構成面群をキャビティ側とコア側に区分したり、同じコア側にあっても駒割りする部位のみを細区分できる（表示制御単位の階層区分）。最近は加工するときの仕上げ精度を基準にして構成面を色分けすることが一般的になりつつある。この場合、一つの構成面に対して設計と加工の異なる 2 重の表示区分に含めることもできる。

## 5.3 2 次元, 3 次元の併用操作

ソリッドが有する内在的な情報量が増えても、操作が煩雑になれば、せっかくの有効性が価値を失う。3 面図基本ビューの表示状態で概略を検討したり、特に優位な断面に注目して設計することも多い。ビューを固定した上で分かりやすく簡単な 2 次元手法により操作するが、システム内部では実形状であるソリッドを生成できる情報を保持しており、最終的には専用機能を利用して 3 次元実体化（ソリッド化）する。

金型のサイズを検討するときには、製品形状やスライド機構部位も表示した状態で、3 面図または 4 面図を見比べながら平面・立面ごとに独立にサイズを検討する。必要に応じて該当平面上でラフな（スケッチ）線を伸縮するという分かりやすく単純な操作でサイズを最適化していくことができる（図 7）。サイズが規格化されている場合には呼び名といわれる基準寸法の中から候補を選択して変更することもできる。

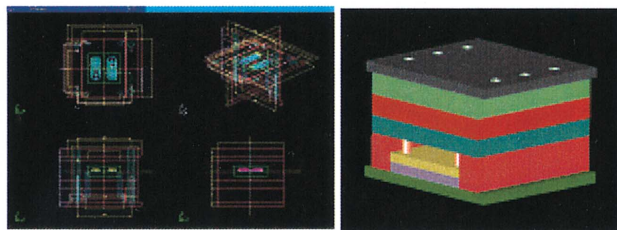


図 7 モールドベース 4 面表示と立体化

アンダカット処理に関連するスライド機構や傾斜機構部位の設計も同様に3面図もしくは優位なビューに注目して位置決め、サイズ、アンギュラピン角度などを検討、調整することができる(図2参照)。

#### 5.4 部品2Dシンボル

配置すべき部品の寸法と位置は、製品、水管、他部品など周りにある形状との位置関係を考慮しつつ試行錯誤を繰り返して決定する。例えばボルト、突き出しピン、冷却穴など主要な部品は、設計の早い段階でおよその本数と位置・サイズを仮決めし、XY平面上へ整列状に仮配置する。設計が進むにしたがって当然、変更が頻繁に起こる。

一般に部品の配置は、難度は高くはないが、取り扱う種類と本数が多いため設計が煩雑になる。しかも定型的な繰り返しが続くため、設計者にとってCAD操作の負担が重くなる。簡単な指示で手早く操作できることがもっとも重要である。試行錯誤と変更の柔軟性に対応でき、かつレスポンス重視の観点から、部品種、呼び名と位置など必要最小限の条件のみを指定し、XY平面上に2次元ワイヤシンボルを仮配置していく方法を採用している。水管についてはその立体性に着目して空間内に位置決めし、長さや径を3面表示する。これらシンボルに対して、取消し、位置変更、呼び寸法変更、追加(複写)など各種変更操作を行い、設計が確定する時点で部分的または一括的に3次元実体化(ソリッド化)する。

##### 5.4.1 突き出しピンと水管

特に突き出しピンと水管の配置は構想設計(2.2.1項参照)において重要な設計対象となる。金型は数枚の型板で構成されるが、構想設計では製品の表裏に相当するキャビティ・コア周り(おも型)主体に設計を進める。製品に直結する部分であり品質、精度が厳密でなければならない。かつ金型として強度(型肉厚)が規格基準を満たさなければならない。製品面はデータ量が多く<sup>\*2</sup>、かつ突き出しピンと水管は本数も多いため<sup>\*3</sup>、CADで設計する場面ではレスポンスが極めて重要となる。そこで配置と変更はシンボル操作で効率よく行う。全長寸法を確定するためには直上にある製品との距離測定が必要であるが、ソリッドとしてではなく局所的な面群のみを参照し対象範囲をしぼることでレスポンス要求を満たせるよう工夫している。

突き出しピンと水管の2Dシンボルとそれら3次元実体は、図8、図9に示す通りである。

#### 5.5 ユーザ定義ベース、ユーザ定義部品

国内・国外を問わずモールドベース、部品とも多数の標準部品が市販されている。これらをシステム標準部品として装備している。

一方、汎用的な市販品だけではなく、ユーザ独自の専用モールドベースと専用部品を登録・使用できる仕組みが必要である。これまで蓄積してきた固有のデータ資産を活用できること、市販品ではカバーできない専用の部品を利用できることの二つの目的がある(特に自動車関連など大きい製品を扱う金型設計で顕著である)。ひな形部品を登録すれば(第4章の3参照)、これらをシステム標準部品と全く同等に使用することができる。

単品部品だけでなく複数の部品を多重階層的に組み合わせたセット部品(規格化された複合部品)も登録できる。同軸上の1次元的な尺度で規定されるいわゆる丸物組み合わせ部品に利用すると有用である(図10)。一方、ボルトに代表されるように一つの部品を単品としても

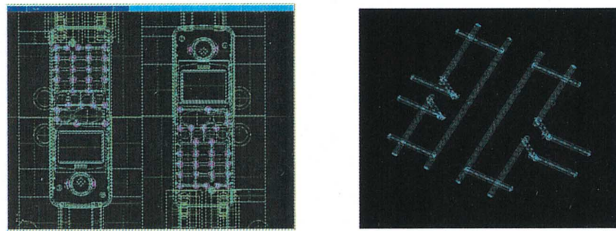


図8 突き出しピンと水管の2Dシンボル

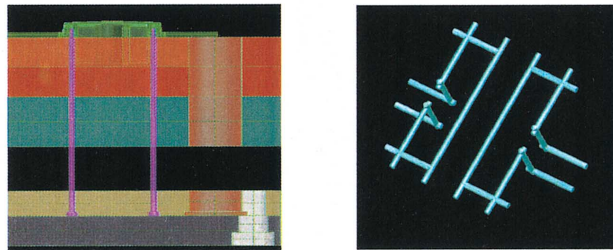


図9 突き出しピンと水管の3次元実体

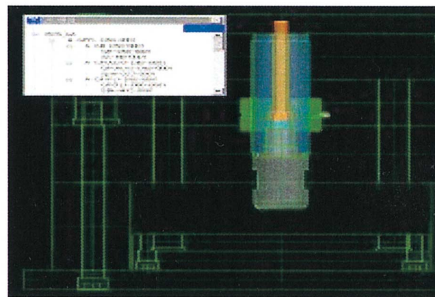


図10 セット部品

セット構成部品としても、データの重複なしに多重に使用することができる。

セット部品とは異なり構成部品のメンバ増減、個別の移動とサイズ変更など組み合わせの自由度が大きいユニット部品を登録することもできる（図11-a）。特にスライド機構部位に代表される製品形状周りに配置する複合部品への適用を想定しており不定形状、不定サイズの角物組み合わせ部品に利用すると有用である（図11-b）。

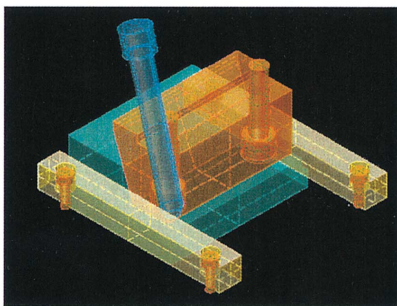


図11(a) ユニット部品

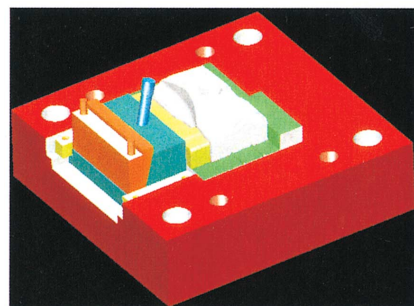


図11(b) ユニット部品配置例

## 5.6 検査機能

特徴のある検査機能として部品間の干渉検査がある。重要なことは検査対象の組み合わせ指示が簡単で、レスポンスがよく、結果が分かりやすく表示されることである。すなわち、必ずしも無条件の全数検査が必要なわけではなく、設計の局面に応じて検査の組み合わせ対象を限定できること、特に本数が多く広域を縦横に走る水管に対して他部品の状態が簡単な操作で判定できることが重要である（図 12）。これらの要件を満たすために代表部品名称やレイヤなど簡単な指示で、関連する集団同士を一括で検査できるよう操作性を重視している。

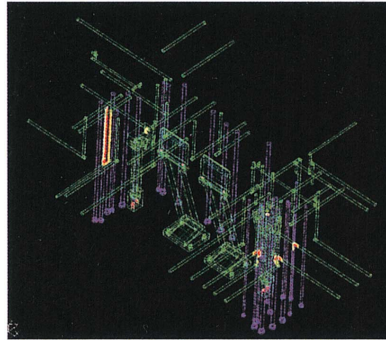


図 12 水管と他部品との干渉検査

## 5.7 部品属性と部品表

モールドベースとその構成型板、すべての部品には部品属性が保存される。部品属性にはシステム標準の属性（部品名、部品番号、メーカー名、寸法、材質、熱処理、比重、重量など）とユーザが任意に登録できる属性がある。集積された部品群に対して部品表を作成するとき、項目の選定、表の形式、作表時の順番づけについてユーザがカスタマイズできる。部品表のフォームと集計ルールがユーザごとに異なることに対応するものである。

## 5.8 穴あけと穴フィーチャの生成

モールドベース型板もしくはコアなど上位部品に対して、自動一括型または手動個別型の専用機能を使用して部品穴をあける。このとき部品の穴あけ立体がもつ加工属性（穴タイプ、加工粗度、面取り指定など）が穴をあけられるべき上位部品側に転写されて、穴フィーチャとして独立した意味をもつようになる。もともと定義されている静的な加工属性のほかに、穴の段数・穴方向・貫通状況など部品を取り付けたときに決まる動的な情報が付加され、CAM システムに穴加工データを引き渡しできる状態になる。ポケット穴フィーチャも同様である。

## 5.9 部品図、組図作成

実務の世界では図面（部品図、組図）の重要性が依然として高い。型板への穴あけ加工を比較的小規模の他社へ外注する、あるいは自社製造するにしても現有の CAM システムにあわせるという現場の業務形態では、部品図が主要な情報伝達手段の役割りを担っている。金型の組み立てについても同様の状況があり、金型全体を俯瞰できるものとして組図が重要な手段になっている。

せっかくソリッド設計を進めても図面作成が再度の手書き同然になってしまい、設計工数を削減できないとみなされる傾向があった。その理由は、金型モデルが複雑なため必ずしも伝統的な JIS 規格通りには作図しない、すなわち図形・寸法・注記など詳細化と簡略化が併存し、表記内容と形式がユーザごとに異なることにあった。そこで敢えて作図の自動化、一括化は止めて、つぎのような半自動化の手法を採用した。部品図では正面図・側面図には錯綜する実穴、隠れ穴のうち指定されるもののみを作図する (図 13)、また穴位置に対して自動で寸法をつける、指定される穴に加工注記を記入するなど自動処理と使用者選択処理を併用している。組図では実部品、隠れ部品とそれらの穴のうち指定されるもののみ選択的に作図する (図 14)。また樹脂金型に特有の要求である小部品の同時複数作図、部品表や穴表の貼り付けなどの特別機能もある。前者は図面の枚数を減らすこと、後者は部品管理情報 (部品表) や加工情報 (穴表) をその 2 次元形状と同時に対照できるという設計と加工現場の現実的な要求に対応したものである。これらの機能も、型板や部品と一緒に一元管理されている部品属性、加工属性情報を多面的に利用することで実現している。

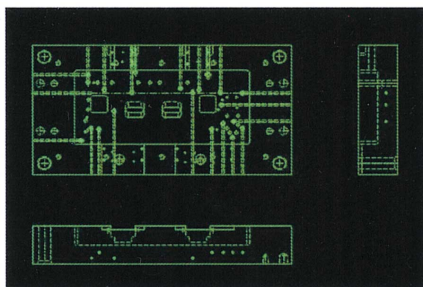


図 13 部品図

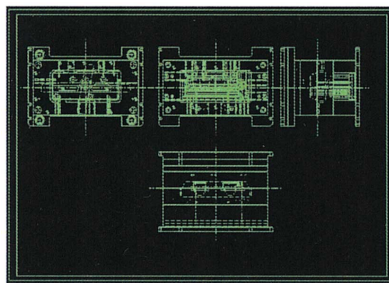


図 14 組図

## 6. 大物製品への対応

自動車のバンパ、インパネに代表される大物製品への対応を現在検討している。これらの製品モデルは通常、数千面の自由曲面で構成されている。このデータは IGES 形式による面群 (サーフェス) データとして受け取ることが多い。

樹脂金型の設計においては、キャビティ、コアも含めすべての構成部品をソリッドで表現することにより、操作性の面でもモデリングの単純性の面でもさまざまなメリットを活用できる (第 4 章参照)。ただし、数千面にもなる面群データを一つの完全なソリッドに結合できることが暗黙の大前提である。一方、データを交換する CAD 同士の仕様と精度の相違が起因して、面群データを完全なソリッドに一体化するためには、受け手側である金型設計会社において、形状修復のために多大の工数を要することも事実である。またもっと根本的なことであるが、発注側の会社から支給される製品データは始めから完成品が届くわけではなく段階的に何度か支給されること、一方受注側の会社は完全ではないデータをもとにして金型の設計に着手するという伝統的な業務の形態がある。この状況では当然、製品データはソリッドになりえない。

そこで、製品データがたとえ面群モデル (一般に自由曲面で構成される) であっても金型の設計と加工ができるよう機能の拡張を検討している。ここでは多くの面群が全体として一つの完全なソリッドにはならなくても、いくつかの部分的な開複合面 (オープンシェル) に結合できることを仮定している。それぞれの開複合面はひとまとまりの面群を 1 単位としてとらえる

ことができる。

面群モデルとソリッドモデルの相違の影響は、キャビティ、コアとこれらに接合する部品の造形に現れる（金型を構成する型板や標準部品などは単純な直方体や円柱体の組み合わせ形状であり完全なソリッドである）。面群モデルの場合には、例えばコア側の製品面とパーティング面（いずれも複数個の開複合面の集合）に対して、側面と底面を付加してコアに相当する擬似ソリッドを作成する。ボルトや突き出しピンなど部品の配置と変更、図面作成、穴あけ情報の生成などはソリッドを前提とするこれまでの機能を少し改良すれば擬似ソリッドへの対応拡張が実現可能である。また製品に接合する部品の造形では、製品側の該当範囲が局所的にせよ結合できて開複合面になり得ることを前提とする。すなわち、製品モデルは全体が一つのソリッドに結合できるだけの完全精度は期待できないが、いくつかの開複合面（部分集合）の集合体になりうる。条件を緩和したこの前提を金型ハイブリッドモデルと称し、金型設計に必要な機能群を再構築することを考えている。

## 7. お わ り に

樹脂製品には、家庭用品・電子部品・電気製品・自動車製品・住宅用機器など大小さまざまな製品や製品構成部品がある。金型設計・製造会社もその規模はさまざまである。

システム開発にあたって、これまでは小物・中物製品の設計を意識してきたが、そこでは図面作成が最も重要な課題であった。つまり比較的小規模企業において設計から加工までの一貫性を通すために、金型設計の最終出力である図面がいかに簡単に早く出図できるかを問われてきた。これまでの開発実績を経て、形状部設計～構造部設計～図面作成～CAM 穴あけ加工に渡るデータの一元化と機能の一貫性がほぼ確立できたと考えている。ユーザにおいても実務適用が増加してきており、従来の2次元設計との対比で工数が安定的に30%程度低減との事例も出てきている。

一方、自動車製品や住宅用機器など大物製品の金型設計への適用はこれから始まる機運が出始めている。ここではソリッドとサーフェスそれぞれの長所を併用する金型ハイブリッドモデリングへの適応を現在こころみているところである。

樹脂金型に特化する専用アプリケーションを開発・保守するに当たっては、単に機能群を取り揃えるのではなく、現場実務者から提起される問題意識と要求内容に基づいて使用目的と使用場面を掘り下げ、設計業務の流れになじむよう分かりやすく操作しやすい機能を提供して行きたいと考えている。

- 
- \* 1 射出成形において、樹脂製品は金型の上方向かって取り出す。その方向から見て製品に凹凸があるとき、その部位をアンダカット部位という。たとえば携帯電話の側面にある陥没部分が該当する。  
アンダカット部位があると金型から取り出すときに障害となり、これを解消するために特別な機構が必要となる。
  - \* 2 一般的に携帯電話は千数百面、バンパは数千面で構成される。
  - \* 3 一般的に突き出しピンが数十～百本、水管が縦横あわせて百本程度取りつけられる。

参考文献 [1] 市川他：「射出成形用金型」第6版 プラスチック・エージ社 1991年  
[2] 日本合成樹脂技術協会：「プラスチック金型ハンドブック」初版 日刊工業新聞社 1989年

- [3] 福島有一：「基礎講座プラスチック射出成形金型設計」型技術（日刊工業新聞社）1999年～2002年9月まで連載。
- [4] 「プラスチック射出成形金型設計マニュアル」（分割構造金型編）型技術（日刊工業新聞社）1997年3月臨時増刊号
- [5] 横井秀俊他：「射出成形用事典」産業調査会 2002年4月

**執筆者紹介** 平 林 哲 生 (Tetsuo Hirabayashi)

1968年京都大学理学部卒業。1971年日本ユニシス(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)エンジニアリング統括部に所属。