

# CAEとダイレクト金型によるプラスチック成形技術の開発

## Development of plastic molding technology with CAE and direct mold

株式会社 山武

福岡 崇介  
Takasuke Fukuoka

株式会社 山武

増本 新吾  
Shingo Masumoto

株式会社 山武

關 宏治  
Koji Seki

### キーワード

ダイレクト金型,CAE,データベース,プラスチック

プラスチック部品の開発期間短縮のため、筆者らは、ダイレクト金型による早期試作に取り組んでいる。開発を進めるにつれて、ダイレクト金型に特有な構造に起因する課題が、明確になってきた。これを解決するため、CAE(Computer Aided Engineering)による金型構造の事前検討、および解析結果と成形結果のデータベースの導入と活用を行った結果、課題解決とともに、これまで以上の開発工数の削減が可能となった。本稿ではこれらの取り組みの概要と成果、更に今後の展望について報告を行う。

To shorten the development period for plastic components, we have been studying early trial production with direct molds. As development proceeded, a problem arising from the unique structure of direct molds became apparent. To solve this problem, we first studied the mold structure using computer aided engineering (CAE), and introduced and used a database of analysis results and molding outcomes. Consequently, a solution to the problem was identified, and further cuts in development man-hours made. This paper summarizes these initiatives, presents the results, and considers future prospects.

## 1. はじめに

近年、市場のグローバル化に伴い、競合メーカーとの競争は激しさを増し、製品開発期間の短縮と、製品コストの大幅な削減が求められている。当社では、プラスチック部品の多くは外製しており、最近では特に、海外生産の活発化による現地調達が進められている。しかしこれに伴い、以下の問題が顕在化してきた。

- ①仕様を実現するための、外製先との情報のやりとりにより、開発期間が長くなる。
- ②海外生産で品質を維持するための、現地での成形技術や管理技術の指導に、多大な工数がかかる。
- ③成形の不具合情報や、金型、成形プロセスに関するノウハウは、特定の技術者に蓄積されているが、個々のノウハウの共有化は難しい。

このような状況を打開するため、筆者らはアルミなどの快削材

料を用い、部品数が少ない金型である、ダイレクト金型による、プラスチック部品の短納期試作に取り組んでいる。

開発を進めるにつれて、ダイレクト金型特有の構造に起因する、課題が明確になってきた。これを解決するために、射出成形のCAEによる、金型の事前検討、および解析結果と成形結果のデータベースの導入と活用を行った結果、課題解決とともに、これまで以上の開発工数の削減が可能となった。今回はこれらの取り組みの成果、更に今後の展望について報告を行う。

## 2. ダイレクト金型の活用

### 2.1 差別化への取り組み

ダイレクト金型とは、アルミなどの快削材料の入れ子を直彫りして製作し、入れ子の入れ替えにより別の金型として利用できることを特徴とした、部品数の少ない金型である(図1)。上記により、一般的な金型と比べ製作期間の短縮が可能となる。筆者らは、

ダイレクト金型の製作期間をこれまで以上に短縮するため、従来のダイレクト金型に、筆者ら独自の差別化を行っている。その内容を以下に示す。

#### (1)プラスチック部品の内製化

金型設計・製作から射出成形まで、社内で一貫して行うための設備を保有し、内製化に取り組んでいる。

#### (2)金型の標準化

2プレート金型用の共用のダイセットを使用している。更に固定側、可動側用の入れ子、エジェクタピンの仕様は標準化され、ダイセットに組み付けることにより、金型を製作している。

#### (3)製作工程の最適化

アンダーカット、押し切りやピン角などの形状に関しては、全体の製作期間の短縮を重視し、工程を最適化している。例えば、成形後に機械加工することにより、金型部品点数を削減している。

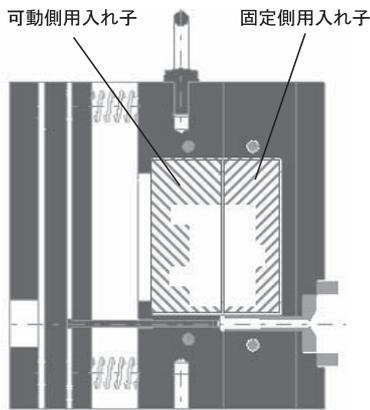


図1 ダイレクト金型の断面図例

## 2.2 ダイレクト金型の課題

差別化されたダイレクト金型の取り組みにより、最初の試射までの短納期化は可能となった。しかし、成形の不具合が発生することもあった。その原因を究明するために、蓄積したデータを整理・分類した結果、最初の試射で成功させるには、下記の項目の事前検討を十分に行う必要があることが分かってきた。

#### (1)ゲートの最適化

ダイレクト金型は2プレート金型に限定されるため、一般的な金型と比較し、ゲート位置とゲート形状に制約がある。これらの設計が不相当である場合、金型内部の圧力のばらつきが大きくなる。その結果、圧力が低い部分にはショートショットが発生し、圧力が高い部分にはバリが発生する。圧力のばらつきが最小となるように設計する必要がある。

#### (2)エアーベントの最適化

成形前の金型内部には空気が存在する。成形中に空気は金型内に閉じ込められる。しかし、ダイレクト金型は部品数が少ないため、一般的な金型に比べ閉じ込められた空気を排気することが困難である(この空気を以後残留エアと呼ぶ)。よって成形時に残留エアがプラスチックの充填の邪魔をするため、充填完了する前に固化し、ショートショットが発生する原因となる。また残留エアが圧縮され高温になり、接触しているプラスチックが変質しガス焼けが発生する場合もある。

残留エアによる成形不良を防ぐため、エアーベントにより残留エアを排気する必要がある。

## 3. CAEの活用

### 3.1 CAEの活用の利点

ダイレクト金型により射出成形で製作されるプラスチック部品は、溶融したプラスチックを金型に流し込み、冷却し固化させた後に、金型から取り出す工程を経て完成する。これらの現象は、CAEにより短時間で解析し、結果を可視化することができる。また、その結果を設計に反映させることにより、ダイレクト金型を作る前に、バーチャルで、成形の不具合の予測とその対策を行うことができる。

### 3.2 CAEによる金型構造の検討

ダイレクト金型の金型修正回数を低減するため、筆者らは、ダイレクト金型に特化した、CAEによる金型構造の事前検討を開始した。図2にCAE導入後のプラスチック部品製作の流れを示す。図に示すように、金型設計開始と同時にCAE検討を開始する。金型設計者はCAE担当者に、3次元データ、プラスチックの材質、またゲート位置の制約などの設計情報を提供する。CAE担当者はCAE検討を行い、金型設計者に解析結果や成形の問題箇所の指摘など、設計の判断材料を提供する。これらをもとに、金型設計者は設計の最適化を行う。これらの作業を何度か繰り返すことにより、成形性が優れた金型が設計できる。

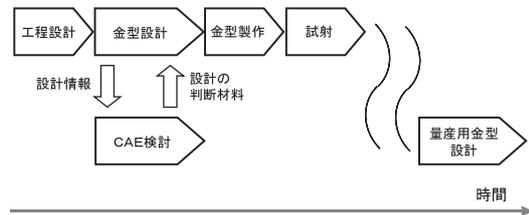


図2 CAE導入後のプラスチック部品製作の流れ

### 3.3 ダイレクト金型への適用事例

CAEによりダイレクト金型で製作するプラスチック部品(投光LEDホルダー)の設計を最適化した事例を紹介する。

#### (1)ゲートの最適化

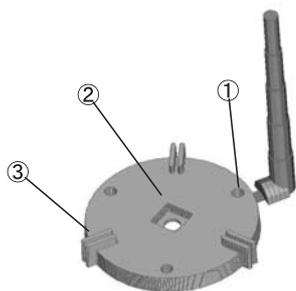
図3(a)は、投光LEDホルダーの外観である。図に示す①、②、③について、金型内部の圧力変化を解析した結果を図3(b)に示す。図より測定箇所の圧力のばらつきが非常に小さいことを確認した。したがって、今回設計したゲートにおいて、適正な成形条件で、ショートショットやバリが発生する可能性が低いことが分かった。

#### (2)エアーベントの最適化

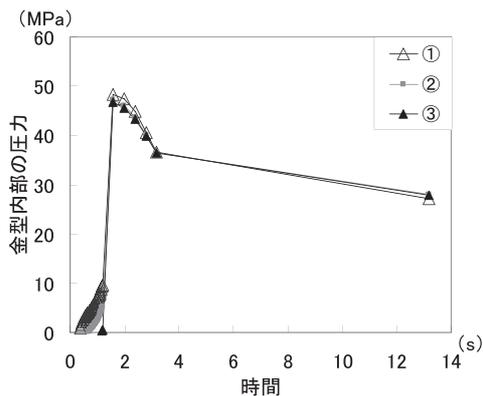
図4に充填時間の解析結果を示す。この結果より最終充填位置を確認し、エアーベントを配置した。図5に、ウェルド発生箇所の解析結果を示す。エジェクタピンとエジェクタピン用穴のすき間は、エアーベントと同様に残留エアの排気効果があるため、ウェルドラインが発生している場所にエジェクタピンを配置した。図6は投光LEDホルダー用に、実際に作成した入れ子である。

図7に、設計完了後にダイレクト金型を製作し、成形した完成品を示す。以上の取り組みにより、CAE検討を行う前と比較し、金型修正回数を平均1回以上削減させている。またCAEによる工数増加を考慮しても、全体としては20%の工数削減を実現させている。

なおCAE検討は、金型設計と同時進行させるため、金型設計のスケジュールの遅れは発生しない。また解析条件を成形条件の指標として利用することにより、条件出しの時間を短縮することができる。



(a) 投光LEDホルダー



(b) 金型内部の圧力と時間の関係

図3 金型内部の圧力変化の解析結果

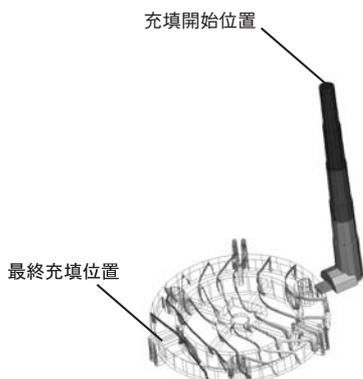


図4 充填時間の解析結果

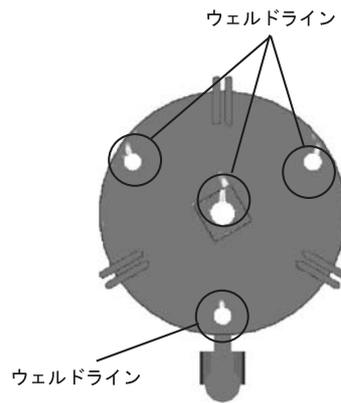


図5 ウェルドライン発生箇所の解析結果

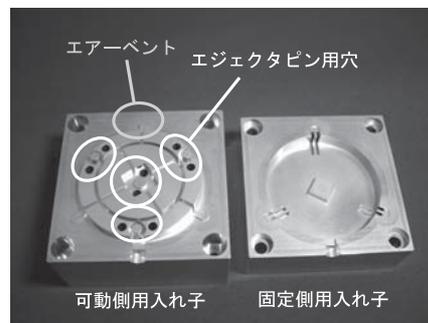


図6 投光LEDホルダー用の入れ子



図7 投光LEDホルダーの完成品

## 4. データベースの活用

### 4.1 CAEの課題

前記の事例により、CAEの効果は理解していただけたと考える。しかし、一般的な特徴として、解析結果と成形結果が異なる場合がある。その理由を以下に示す。

- ① CAEでは、計算時間を短縮するため、理論式を簡素化している。たとえば充填解析では流体力学より導き出した理論式を簡略化した式を用いる。そのため射出成形現象が正確に再現されていない。
- ② CAEでは、外部から受ける力は考慮していない。たとえば離型時に加わるエジェクタピンの突き出しによる力や、プラスチックの金型への食いつきにより加わる力は再現されていない。

### 4.2 データベースによるCAEの補完

前記の理由により、CAE結果をそのまま適用するのではなく、まず解析結果の信頼性を判断する必要がある。筆者らは、過去の解析結果および成形結果のデータを、形状、サイズ、プラスチックの種類などの項目で分類されたデータベースを構築し、解析結果と成形結果の差を小さくする取り組みを行っている。

図8にデータベースを利用した、プラスチック部品開発の流れを示す。新規製作品は、関連する項目を持つ過去のデータを検索し、それらとの照会による、信頼性の判断を行っている。もし解析結果と過去の成形結果に差がある場合、過去の成形結果により解析結果を補完した上で、判断を行う。

なおCAE検討時の解析結果、および成形結果は、随時データベースに登録する。より多くのデータから判断することにより、信頼性の高い判断が可能となる。これらの取り組みにより、CAEの信頼性を実用可能なレベルに高めることが可能となった。

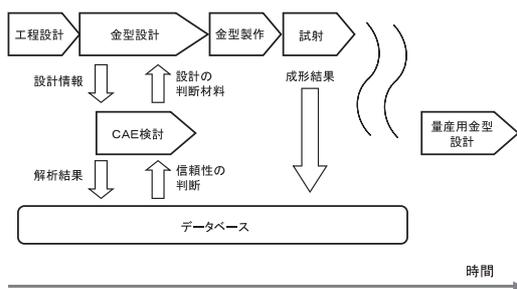


図8 データベース利用と部品製作の流れ

## 5. 今後の展開

図9に筆者らが考える、成形技術開発の将来像を示す。これまで以上にダイレクト金型、CAE、データベースの取り組みを進めることにより、土台となる成形の知識とノウハウを蓄積し、将来は以下の実現をめざす。

### (1) 製品設計期間の短縮

製品設計へ成形技術を提供することにより、プラスチック部品の成形性の検討がスムーズに完了する。

### (2) 試作レス成形の実現

成形の不具合を発生させない技術を保有することにより、試作を不要とする。またダイレクト金型の成形情報を利用することにより、量産準備期間を大幅に短縮する。

またこれらの実現により、製品開発サイクルの短縮が可能となる。

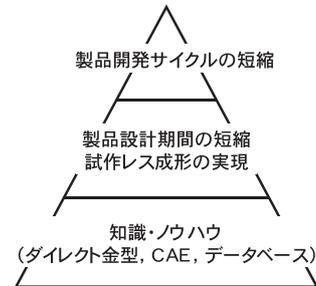


図9 成形技術開発の将来像

## 6. おわりに

当社には“モノづくり”機能であるマシンショップ、3D環境（CAD,CAM,CAE）、成形機等の開発設備をもとに工法開発を行う現場がある（図10）。今後も弊社の環境を活かした技術開発を行っていききたい。

開発にご協力いただきました関係部署、ならびに関係各位にお礼申し上げます。

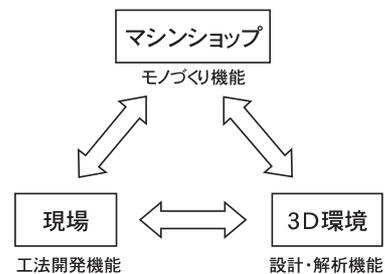


図10 当社の開発環境

## 参考文献

- (1) 東レエンジニアリング株式会社:3D Timon リファレンス マニュアル Extreme Suite 2007, (2007年10月 第1版発行)

## 著者所属

- |       |                     |
|-------|---------------------|
| 福岡 崇介 | 生産技術開発部<br>試作技術グループ |
| 増本 新吾 | 生産技術開発部<br>試作技術グループ |
| 關 宏治  | 生産技術開発部<br>工程技術グループ |