

# 実践 CAD/CAM 技術科での金型製作 第5回 (27期生：パスホルダー)

千葉職業能力開発促進センター 齊藤 総一

## 1. まえがき

私が以前所属していた関東職業能力開発促進センターには、実践 CAD/CAM 技術科という独自コースがあり、機械加工部品の設計製造に関する技術技能習得に加え、プラスチック射出成形金型に関する内容も学び、6カ月目の総合課題では金型を設計製作する内容となっている。

私が担当した7年間に、約十数型の金型を製作している。設計時に工夫した点、実際に成形してみると不具合が発生した点、不具合への対処等、さまざまな出来事があったので、これらをまとめてみた。

## 2. 成形の工程および金型

### 2.1 成形の工程

金型といってもいろいろな種類があるが、射出成形金型（以降「金型」と記す）に限定して話を進めることとする。射出成形は、以下の工程を繰り返すことで製品を連続で生産する。

- ① 金型を高圧で締め付ける。(型締め)
- ② 高速・高圧でプラスチックを流す。(射出)
- ③ 末端まで流れた後も収縮を抑えるため、圧力をかける。(保圧)
- ④ プラスチックを冷却し固める。(冷却) 次の成形のため、プラスチックを溶かす。
- ⑤ 製品を取り出すため、金型を開く。(型開き)
- ⑥ ピンなどで製品を突き出し、金型から取り出す。(突き出し)

### 2.2 金型

金型を簡単に述べると、「製品の形を彫り込んだ2枚の板（以降「型板」と記す）」である。(実際の金型にはさまざまな仕組みが付加され、もっと複雑な構造となっている。)

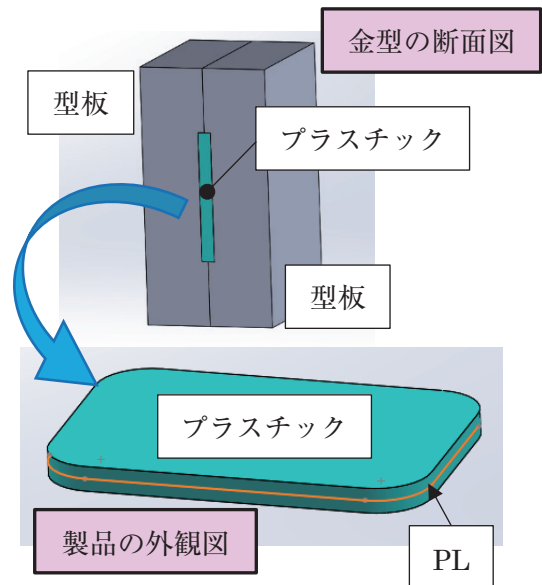


図1 金型断面図と製品

2つ型板の合わせ目が、製品の表面に線となって表れることがある。これをパーティングライン（以降「PL」と記す）と呼ぶ。(図1) 金型の合わせ面のこともPLと呼び、会社によっては面のためPL面と呼ぶこともある。成形機に金型を取り付けて成形を行うと、PLを境に動く部分と動かない部分にわかれる。動かない部分を「固定側」、動く部分を「可動側（または移動側）」と呼ぶ。一般的に、固定側はプラスチックを流す仕組みがあり、可動側は製品を突き出す仕組みがある。そのため、金型が開いたときに製品が突き出し側にないと、製品を自

動で取り出すことができない。

### 2.3 合わせの名称

先ほど、「2つ型板の合わせ目がPL」と提示したが、場所や構造によって呼び方が異なる。(本などでもさまざまな呼び方があり、一例として考えてほしい。また、これ以降金型の合わせ目(面)を「PL面」と表記する。)

- PL面：  
製品の周りの合わせ面を指すことが多い。  
(多くの場合は、金型開閉の垂直方向。)
- 押し切り面：  
金型開閉の垂直方向で、製品の穴などの合わせ面を指すことが多い。
- 食い切り面：  
金型開閉とほぼ平行な方向の合わせ面を指すことが多い。

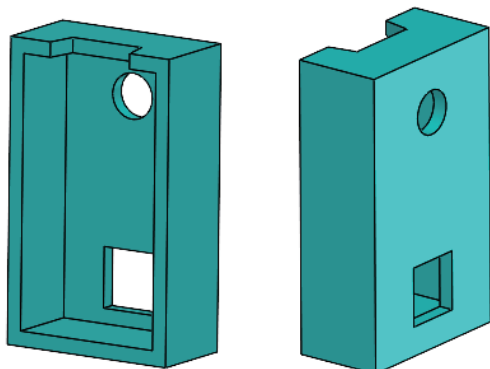


図2 成形品形状

PL面や押し切り面では、金型製作時および使用時に大きな問題が発生することは、あまり見られない。これに対して食い切り面は、位置合わせの加工が難しいだけでなく、金型開閉時に表面がcaじるなど損傷の可能性が高い部分でもある。PL面と押し切り面だけで金型を作ることができれば、比較的加工も楽に行えて金型寿命においても有利に働く。

では、どのようなときに食い切り面が必要となるのであろうか。いくつかケースが考えられるが、代表的なものとして製品の側面に穴(切り欠き)がある場合である。(金型開閉の垂直方向に穴が開いている場合。ただしアンダーカットとなる場合は、スライドコアなどの別の機構が必要となる。)

図2に成形品の形状を、図3と図4に金型合わせ目の一例を提示する。

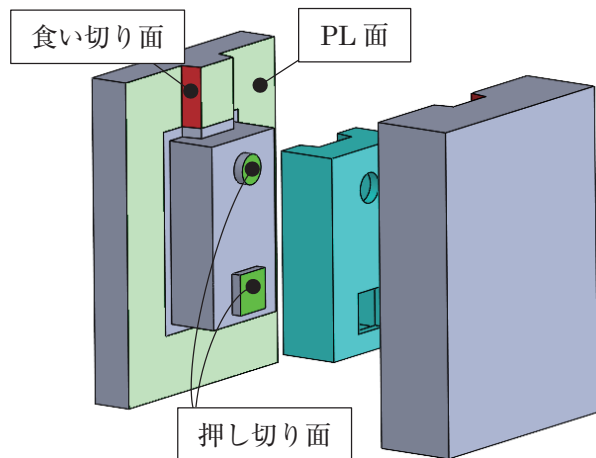


図3 合わせ目の例1 (型開閉は左右)

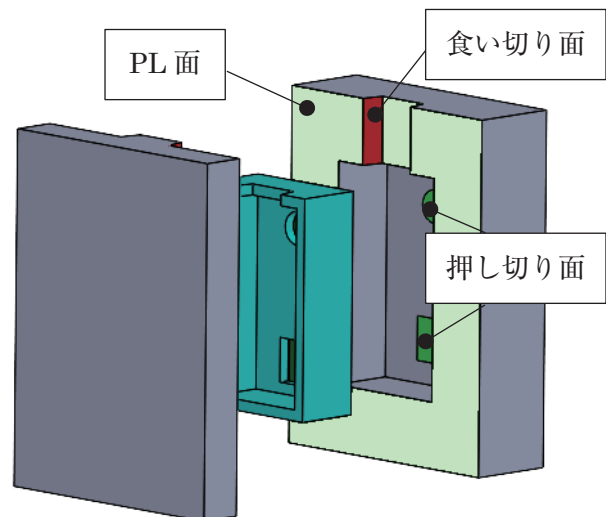


図4 合わせ目の例2 (型開閉は左右)

## 3. パスホルダー

訓練生が考えたコンセプトは、以下の内容である。

2つの部品を組み合わせることで、中に「Suica 1枚+厚紙1枚」を収納できるパスホルダーを作成する。(以降「カード2枚」と記す) Suicaを入れる四角い穴(以降「角穴」と記す)は1枚分の厚みとし、内部にカード2枚が収納できる空間を作成する。これにより、カード2枚を収納すれば中身が外に出る可能性を極端に減らすことができる。組み合わせ前の外観を図5に、組み合わせ後

の角穴の拡大を図6矢印に示す。

また、カードの有効期限などを確認するための、のぞき窓の形状は猫とペンギンとし、親しみの持てるデザインとしている。図7に使用例を示す。

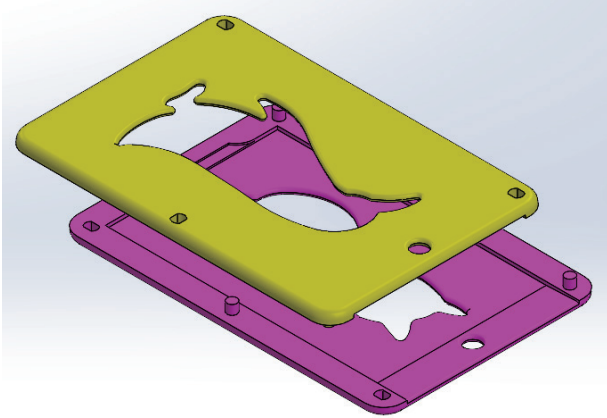


図5 製品組み合わせ前

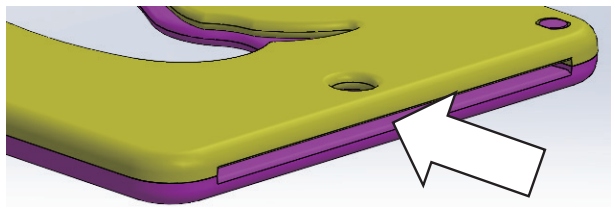


図6 組み合わせ後のSuicaの角穴



図7 使用例

## 4. 設計・加工時に工夫した点

### 4.1 組み合わせに使用する穴の形状

2つの部品を組み合わせるために、製品にはボスと穴を設けている。ただし両方とも円形にすると、はめあいの調整が非常に難しい。そのためボス

は $\phi 3$ の円形とし、穴は円の両端を直線でカットした形とした。(図8) 金型加工時の寸法は下図のとおりとし、成形後にはめあいの調整を行った。

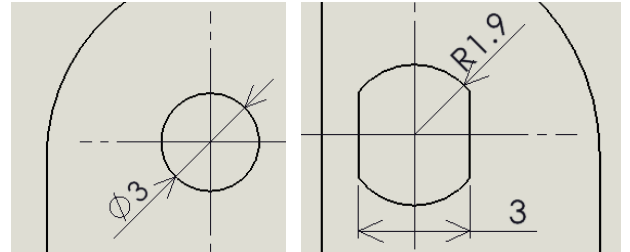


図8 ボス(左)と穴(右)

### 4.2 組み合わせに使用する穴のパターン

組み合わせに使用するボスと穴は6組あり、4隅は短手方向の位置決めを行い、中央の2か所は長手方向の位置決めを行っている。(図9)当初は、「ペンギンが全てボス」で「猫が全て穴」という設計だったが、両方とも「ボス3か所、穴3か所」に変更している。これは「ペンギンと猫の組み合わせ」だけでなく、「ペンギンのみの組み合わせ」や「猫のみの組み合わせ」も選択できるようにという理由からである。

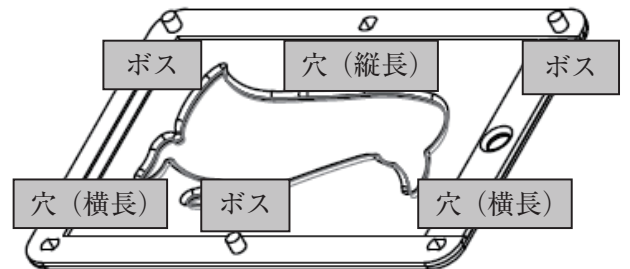


図9 製品における穴とボスの配置

### 4.3 食い切り面の形状

製品の概略図を図10とすると、入れ子の構造は後述の図11(A案)か図12(B案)のどちらかになると思われる。(入れ子の図は、PL面を上にした状態で並べている。この2組は、食い切り面の合わせ方が異なっている。)さて、どちらがよいのだろうか。

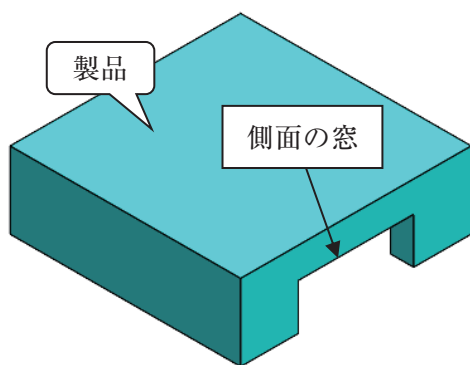


図10 製品の概略図

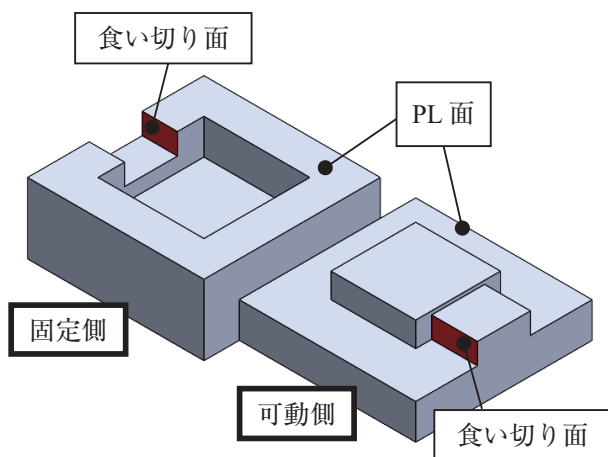


図11 入れ子の構造 (A案)

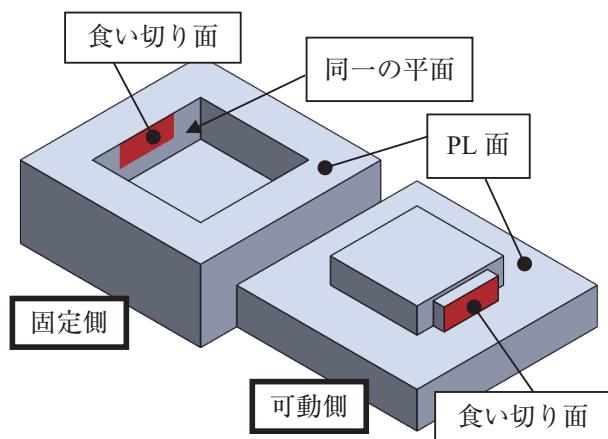


図12 入れ子の構造 (B案)

状況にもよるが、私はA案を選択する。その理由を下記に示す。

- ① 重複となるが、食い切り面は金型開閉方向に対してほぼ平行のため、金型使用時にこすれてかじりが発生する。これを少しでも抑えるために、 $3^\circ$ 以上の勾配をつけることが多々見られる。(実際に何度以上にするかは、会

社によって異なる。)しかしB案は製品の抜き勾配が食い切りの勾配となり、ほとんど勾配を設けることができない。そのため、かじりが発生しやすくなり、金型が早く破損する可能性が高い。また、かじりが発生した際に金型を修復することになるが、B案はその作業も困難である。

- ② ほとんどの場合、金型は機械加工後に手作業で磨きを行う。これは製品の外観を良好にし、またスムーズに製品が離型することを目的としている。B案のキャビティ(凹形状)を見ると、食い切り部分を四角の線で囲ってはいるが、実際には平らな同一面であり、「どこまでが製品部分」「どこまでが食い切り部分」かを、磨き作業者が判断することは困難である。磨きが足りなければ製品の外観に問題が発生し、磨きすぎると合わせ目からプラスチックが漏れることになる。「バリ」と呼ばれる不良が発生する。)

今回の金型もA案の構造とし、かじり防止のために食い切り面には $5^\circ$ の勾配を設けている。(可能であればもっと大きな勾配が望ましいが、所有する工具の関係で $5^\circ$ としている。)

#### 4.4 食い切り面の寸法調整

食い切り面は製品部分(プラスチックが流れる部分)のため、2つの入れ子のすきまは $0.02\text{mm}$ 以下で合わせたい。(図13)そのため、機械での加工や寸法調整は、以下の方法で行った。

- ① MCで工具径補正を使用して、可動側入れ子の凸の加工を行う。使用した補正量を記録する。
- ② 同じ条件で凸形状の調整治具を加工する。ただし、治具は金型で使用する入れ子より $1\text{mm}$ 段差を大きく設計している。
- ③ 固定側入れ子の凹の加工を行う。その際、調整治具を使用して隙間を測定し、追いつく補正量を計算する。例えば、加工後に $1.4\text{mm}$ 隙間があったとすると、使用した工具の勾配は $5^\circ$ のため、

$$(1.4 - 1.0) \times \tan 5^\circ = 0.035$$



よって工具径補正で0.035mm 追い込めばよい。  
 図14は、加工後に隙間を測定している写真である。  
 (調整治具の段差を 1mm 大きくしているのは、隙間にブロックゲージを入れるためである。)

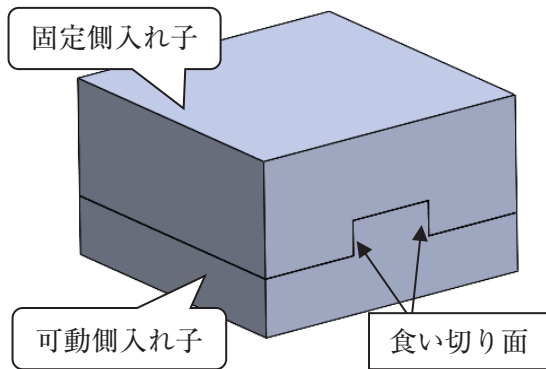


図13 入れ子合わせの概略図 (型開閉は上下)

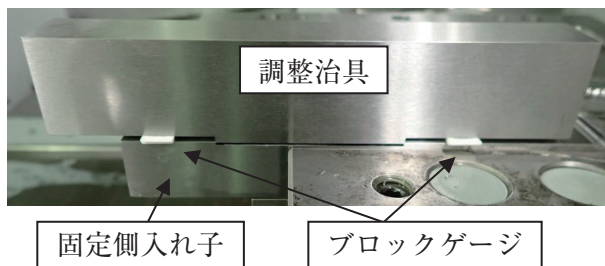


図14 食い切り面 (凹部) の寸法調整

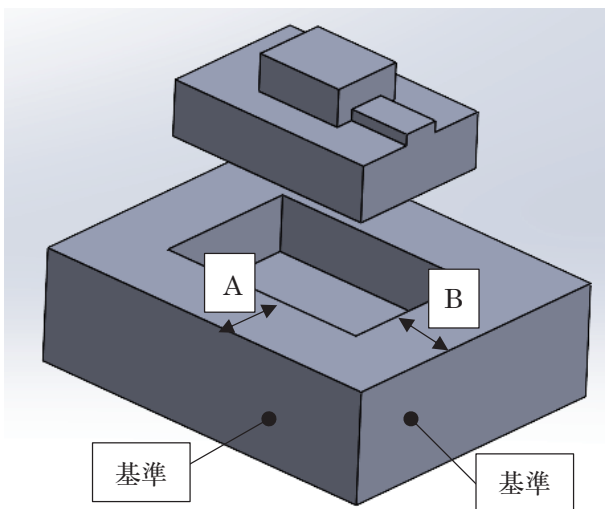


図15 型板の基準面からの寸法

#### 4.5 型板のポケット加工の寸法調整

実践 CAD/CAM 技術科では、食い切り面を設けた金型の製作は今回が初めてである。これまでの全ての金型で、入れ子を組み込むために型板にポケッ

ト加工を行ってきたが、その時の寸法調整はポケットの大きさと深さだけであった。

それらに加え、今回は型板の基準面からポケット加工の端面までの距離も含めて、寸法調整を行っている。(図15 A寸法およびB寸法) この精度が悪いと食い切り面の位置がずれ、金型動作に支障をきたすからである。

### 5. 成形後の寸法調整

今回使用したプラスチックは、LDPE (型番: LJ902 日本ポリプロ製) である。成形後に2つの部品を組み合わせると、はめあいはかなりゆるかった。LDPEは弾力性があり、多少のしめしろがあったとしても問題ないと最終的には判断した。そのため、図8の穴3mm幅の金型部品を削り、2.7mmに変更している。これにより適切なはめ具合になったと考えている。

### 6. あとがき

「片方が全てボス、片方が全て穴」は、加工ミスを防ぐために私が最初に考えていたことである。しかし訓練生から、いろいろな組み合わせが選べるよう形状変更したいとの提案があった。「少しでもより良いものを作成したい」という訓練生の気持ちは、この期だけでなく毎回見ることができ、感心させられることが多かった。

最後に、当時の実践 CAD/CAM 技術科講師の皆さま (津嶋先生、木下先生) および訓練生に感謝申し上げます。