

## 射出成形金型分割面に発生するバリの低減に関する研究

研究報告者 是澤 宏之



### ～プロフィール～

最終学歴 平成 9 年 3 月  
九州工業大学大学院 情報工学研究科  
情報システム専攻 博士後期課程修了  
専門分野 生産技術分野  
学位 博士（情報工学）  
所属団体名 国立大学法人九州工業大学  
大学院情報工学研究院  
機械情報工学研究系  
役職名 助教

### 今後の抱負

射出成形金型は、樹脂材料を使用して生産される大量の工業製品の生産ツールであると同時に、その成形上の柔軟性や新たな成形材料の開発などから、今後もその使用用途が拡大すると予想されます。反面、成形不良が発生した場合は、本成形法が有する利点が極めて損なわれることから、成形中の成形不良の発生を抑制しなければなりません。これは、成形の柔軟性の向上と成形不良の低減を満たす金型づくりが常に要求されているともいえます。今後も日本発の工業製品が世界で高い品質を有するとともに、魅力ある製品であり続けるためには、その基盤技術の一つである金型設計・生産技術において、更なる高度化が必要であると考えます。金型を用いた新たなものづくりに貢献するために誠意努力する所存です。

本研究では、樹脂材料を用いて成形品を得る射出成形法について、成形中に金型分割面で発生する成形不良の一つであるバリの低減を取扱う。バリの発生は、本成形法の利点を著しく損なうことから、その発生の低減あるいは未然防止は非常に重要な成形技術といえる。よって本研究では、この低減を実現するために必要な不可欠な成形中の金型分割面の挙動について、金型分割面上に作用する圧力を利用した方法を示し、成形実験の実施によりこれを検証したので報告する。

## 1. はじめに

射出成形法は、複雑形状を有する成形品成形や、成形後の2次加工の省略など、多くの利点を有するため、樹脂製品の工業的大量生産の要となる成形法である。他方、近年の樹脂材料の高機能化により、製品に使用される材料について、金属材料からの樹脂材料への転換も進展しており、今後とも樹脂材料を用いた成形は更に拡大すると予想される。しかしながら、成形不良が発生した場合は、上述の利点を著しく喪失することから、この抑制や未然防止は非常に重要な課題である。本研究では、成形不良の一つである成形中に発生するバリ<sup>(1)</sup>を対象とする。

バリは、成形機で溶融・可塑化された樹脂が、高速で金型内部のキャビティ空間に射出される際に発生する。図1に示す様に、キャビティ空間は固定型と可動型が、成形機の型締動作により勘合された際、金型内部にできる空間である。

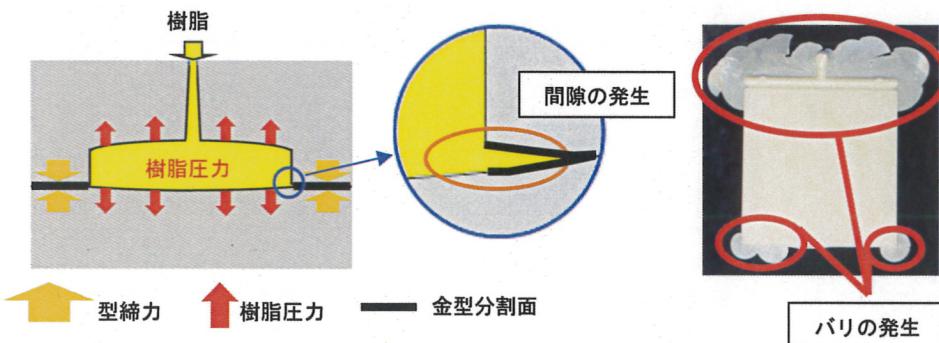


図1 成形中に作用する外力と間隙の発生およびバリ

固定型と可動型の間は、金型分割面（以後、PL面と呼ぶ）を通じて、成形機からの型締力によって、成形中に固定型と可動型が、キャビティ内部に作用する樹脂圧力によって開かない以上の力が作用している。しかしながら型締力が低い場合、成形中にPL面が開き、その間隙に充填中の樹脂が入り込むことで、バリと呼ばれる成形不良が発生する。反対に、型締力が高すぎる場合は、金型に過大な負担を与えて金型寿命の低下や、成形中のガス排出特性の低下に伴う成形不良が発生する。ただし、バリの発生に影響を与えるPL面間で発生する間隙量は、樹脂の特性によって異なる。成形現場では、経験的な対応により、バリの発生しない成形条件を探索・調整しているのが現状である。これより、適切な対応のた

めには、成形中の間隙に影響を与えるPL面の挙動を理解することは必要不可欠である。これまで、渦電流式の間隙センサなどを用いた方法<sup>(2-3)</sup>などが存在する。間隙センサは、熱的な対策やセンサ用の空間的な配慮が必要なために、バリが発生するPL面先端に近づけることが困難な一面もある。

これより本研究は、PL面で発生するバリの低減を最終目的とし、本報告ではPL面で発生する間隙の状況を検出するために、型締時に固定型と可動型の境界面であるPL面で発生する圧力を用いる。これを検出可能とする圧力センサを実験用金型に組み込み、成形実験により検証したので報告する。

## 2. 検出方法と実験用金型

成形中のPL面の挙動を検出するため、次の技術要件を検討した。技術要件（1）可能な限りキャビティ側のPL面先端に近づけることが可能であること、技術要件（2）実際の成形条件の設定が可能であり、成形挙動に影響を与えない検出であること。これらを鑑み、図2に示す様な成形品と実験用金型を想定した。

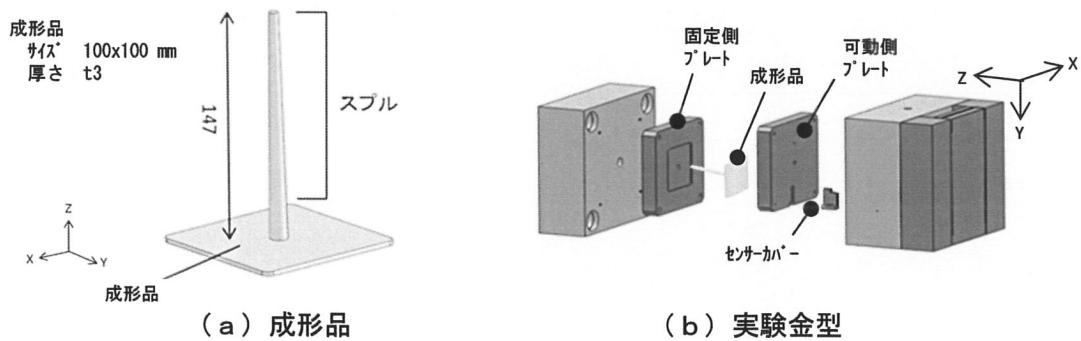


図2 成形品金型と実験金型の概観

図2(a)に示す様に、成形品として厚さ3[mm]の正方形状の成形品を想定した。成形中の樹脂圧力の過度な降下を抑制するため、ダイレクトスプルゲートとする。また、図2(b)に示す様な実験用金型を新たに製作した。なお図中、取り付け板等の実験に関係しない部分は省略している。固定側プレートおよび可動側プレートは、それぞれの固定型および可動型のベースプレートに取り付ける。検出装置であるセンサー(後述)は、センサカバーで覆い、成形実験中の取付・取外の可能な構造とする。なお、成形中のキャビティ内部の樹脂圧力を計測するため、樹脂圧力センサも設置する。

PL面の挙動を検出するために、圧力センサ(双葉電子工業製)を使用した。これは元来、成形中のキャビティ内の樹脂圧力を計測すると同時に、エジェクタピンとしても使用可能な様に開発された圧力センサである。このセンサをも用いることで、センサ設置の際に、別途計測のための空間が必要となることや熱的な対応をとる必要性が低い。このこと

から、前述の技術要件（1）の達成可能である。また、使用したセンサは、材質に鋼材を用いており、高い圧力にも耐えることができると同時にその変形量も非常に小さく、金型の一部としての変形挙動も期待できることから、技術要件（2）を満足すると予想される。なお今後、本報告書では、このセンサをPL面圧力センサと呼称する。図3に可動型への取り付け治具であるセンサカバーとPL面圧力センサーの外観を示す。PL面圧力センサの底面の高さを調整することで、PL面からの突出量を調整する。

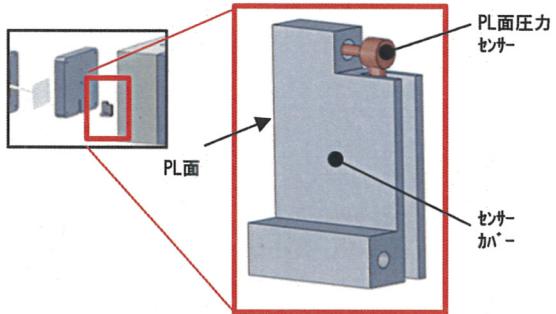


図3 センサーかバーとPL面圧力センサーの外観

図4に、計測システムの構成を示す。金型内部には、キャビティ内部の樹脂圧力を取得するために樹脂圧力センサを、PL面圧力を取得するためにPL面圧力センサを設置する。センサ値は、専用アンプから出力される電圧をA/D変換機を介し、サンプリングレート1[msec]で保存する。なお、成形機からの成形中のロードセル値、スクリュ位置およびスクリュ速度を前述と同一のサンプリングレートで取得する。

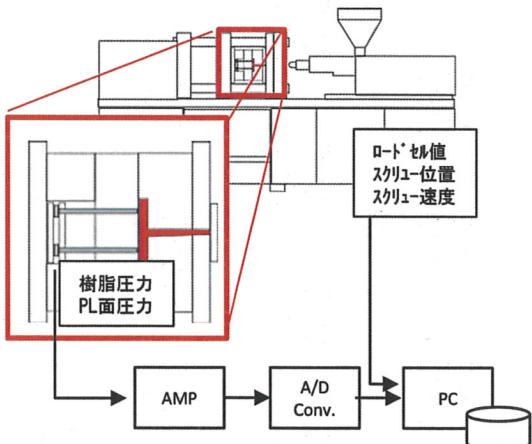


図4 計測システム構成

### 3. 成形実験および考察

#### 3-1 突き出し量とPL面圧との関係

PL面圧力センサの出力値であるPL面圧力は、PL面からの突出量により変化すると予想されるため、確認実験を実施する。表1に、実験条件を示す。なお、突出量は、セン

サ底面に厚さを調整したブロックを用いて調整する。

表 1 実験条件

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| 型締力 [tonf]            | 5 / 12  |
| 突出量 [ $\mu\text{m}$ ] | 55 / 65 |

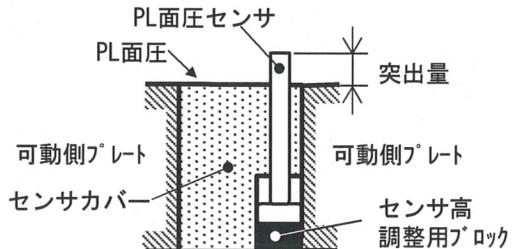


図5に、突出量が  $55 \mu\text{m}$  および  $60 \mu\text{m}$  時のPL面圧力の変化を示す。図中、実験条件、突出量  $65 \mu\text{m}$  および型締力  $12\text{tonf}$  の曲線を例にすると、PL面圧力が、著しく上昇を開始する点(A)が型締開始点、この変化が収束する点(B)が型締終了点であり、型締工程(区間A~B)に相当する。同様に、PL面圧力が下降を開始する点(C)が型開開始点、この変化が収束する点(D)が型開終了点であり、型開工程(区間C~D)に相当する。なお、その間に挟まれる平坦な箇所(区間B~C)では、型締が一定に作用しており、射出工程から冷却工程までに相当する。

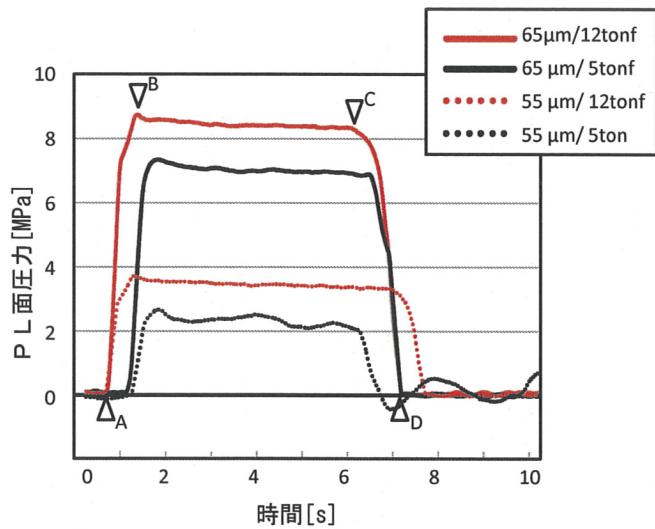


図5 突出量とPL面圧力の関係

同一突出量の場合では型締力が高い程、また同一型締力の場合では突出量が多い程、PL面圧力が高くなる。突出量および型締力が低い場合( $55 \mu\text{m}/5\text{tonf}$ )では、型締力が作用中のPL面圧力が不安定な傾向を示す。これは、同一突出量の場合でも確認され、突出量

が多い程、安定な傾向を示すことから、以降の成形実験では、型締力を 12tonf、突出量を  $65 \mu\text{m}$  とする。

### 3-2 成形実験

実際の成形を想定した成形実験を実施する。表 2 に、成形条件を示す。なお保圧工程における保圧力の保持時間を 3 秒とし、一速一圧の成形とする。

表 2 実験条件

| 樹脂                         | PS (PS Japan ET60) |
|----------------------------|--------------------|
| 計量位置 [mm]                  | 50                 |
| 切換位置 [mm]                  | 5                  |
| 射出速度 [mm/s]                | 70                 |
| 保圧時間 [s]                   | 3                  |
| 保圧力 [kgf/cm <sup>2</sup> ] | 250                |
| 型締力 [tonf]                 | 12                 |
| 突出量 [ $\mu\text{m}$ ]      | 65                 |

※使用成形機：FANUC Roboshot S2000i

図 7 に、成形中の PL 面圧力と樹脂圧力の変化を示す。

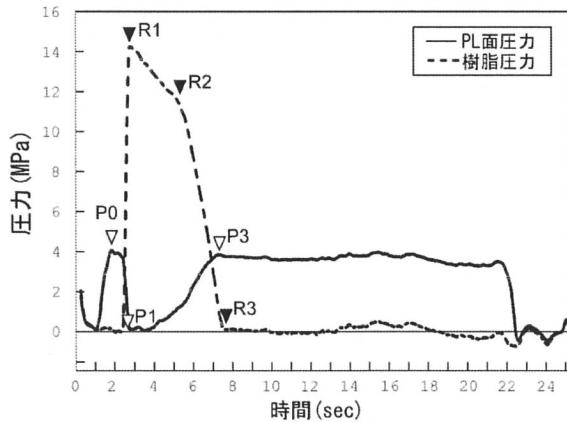


図 7 PL面圧力と樹脂圧力の変化

型締終了時 (P0) において、PL 面圧力は、高い値を示す。その後、成形機が樹脂をキャビティ内に射出することから、樹脂圧力は上昇し、最大値 (R1) を示す。これに対応して、PL 面圧力は低下 (区間 P0→P1) し、樹脂圧力の最大値 (R1) において、PL 面圧力は最小値 (P1) を示す。その後、保圧工程 (区間 R1~R2) において、樹脂圧力は徐々に低下しながら、保圧工程終了時点 (R2) 以降、樹脂圧力は大きく降下 (区間 R2→R3) し、樹脂圧力が 0 となる (R3)。この挙動に対応して、PL 面圧力も徐々にその値を上昇 (区間 P1→P3) させ、樹脂圧力 0 となる時点 (R3) において、PL 面圧力の値 (P3) はおよそ型締終了時点 (P0) の圧力値に戻る。

これより、PL面圧力と樹脂圧力の変化には高い相関があることが確認できる。PL面圧力の挙動を用いて、バリの発生に影響を与えるPL面先端の間隙量の推定可能性を期待できると考えられる。

#### 4. おわりに

成形中に金型分割面先端で発生するバリの低減を目的として、その間隙の発生に高い影響を与えると考えられる金型分割面の挙動を観察するため、圧力センサによる成形中の金型分割面圧力の計測方法を示し、成形実験によりこれを検証した。その結果、以下の知見を得た。

- 1) 成形中のキャビティ内部の樹脂圧力と金型分割面の圧力との関係には高い相関がある。
- 2) 金型分割面先端の間隙量の変化は、金型分割面の圧力変化と高い相関があると予想できることから、この圧力を用いて、バリ発生の原因である金型分割面先端の間隙量を推定できる可能性がある。

#### 謝辞

本研究は、公益財団法人三井金型振興財団による研究助成により実施されたことを記し、謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 横井秀俊他、射出成形事典、産業調査会、(2002), p. 378.
- 2) 村田泰彦他、成形加工、25, 5, (2013), pp. 234-240.
- 3) 村田泰彦他、成形加工、25, 6, (2013), pp. 283-289.