

大型三次元可視化金型によるボスキャビティ樹脂流動挙動の解析

Visualization Analysis of Melt Filling Phenomena in a Boss-shaped Cavity Using 3-D Visualization Mold

松 田 元*・横 井 秀 俊**
 Hazime MATSUDA, Hidetoshi YOKOI

1. 緒 言

射出成形における金型キャビティ内の樹脂流動は三次元的であり、成形不良現象の原因を解明するためにもその挙動を解析することは重要である。これまで型内流動の三次元的な可視化を目的とする三次元可視化金型が提案されてきた^{1, 2, 3)}。しかしながらこれらの三次元可視化金型はキャビティ寸法や可視化範囲に問題を残していた。

そこで著者の一部らは、従来の三次元可視化金型の問題点を解決する機能的な大型三次元可視化金型の開発を行った⁴⁾。これまでに縦リブ、格子リブ、斜めリブなど各種リブ形状のキャビティにおける樹脂流動挙動の観察実験（マーカー追跡などの拡大観察を含む）を行い、その有効性を確認している⁴⁻⁵⁾。本研究ではボス形状キャビティにおける樹脂流動挙動の観察を行い、その充填パターンについて定量化することを試みた。

2. 実 験 方 法

大型三次元可視化金型の基本構造、撮影及び画像処理方法は既報⁴⁾と同様である。本研究では、三次元可視化金型にボス部の片面がガラス製のボスキャビティ（コアピン有り、無し；図1参照）を組み込み、それぞれのキャビティについて分割面側およびボス側面側から充填パターンの観察を行った。使用した射出成形機は ROBOSHOT α-

150 A（ファナック株）で、成形条件および実験に使用した樹脂は表1の通りである。

3. 結 果 と 考 察

3.1 ボスキャビティ（コアピン無し）

ボスキャビティ（コアピン無し）における GPPS, PP のフローフロント形状観察結果及び充填速度変化を図2、図3に示す。なお、フローフロント形状中の点線は時間間隔をより細かくとった場合の流動パターンを意味する。

低射出率の場合には、ボス径の半分を超えたところでフロントの速度は一時的に低下し、フロント形状はボス部において遅れを形成する（図2（1）、図3（1））。その後ボス外縁部に沿って充填が進行する形となり、ボス部充填完了後には逆に外縁に沿う形で進行方向に凸形状へと転じる。これに引き続いて板面の板幅中心部のフロント速度が次第に大きくなり、進行方向に対してキャビティ中央部が凸のフロント形状となる。この傾向はPPよりもGPPSの方でより顕著に示される。次に、高射出率では、ボス部に充填完了後でもフロント形状は下に凸のままフロントが進行している。

速度変化を見るといずれの場合にもボス中央部の速度（○印）が極小となった後に、キャビティ両端の速度（■、▲印）がやや遅れて極小になっている。またGPPS, PPの

表1 成形条件

樹脂	種類	GPPS	PP
	グレード	エスライト2V	ハイボ-ルJ900
メーカー	住友化学工業(株)	(株)ケラントポリマー	
マーカ	Glowble	(METALFLAKE CORP.)	
金型温度 (°C)	50		
射出率 (cm ³ /s)	2.5/40		

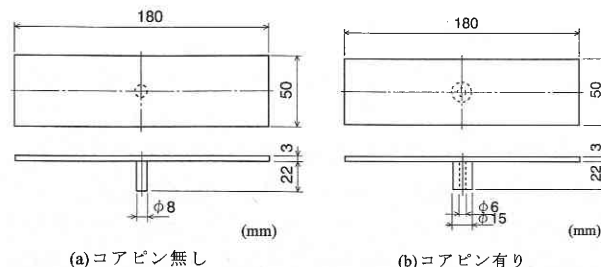


図1 ボスキャビティ

*アロン化成(株)技術研究所
 **東京大学国際・産学共同研究センター

研 究 速 報

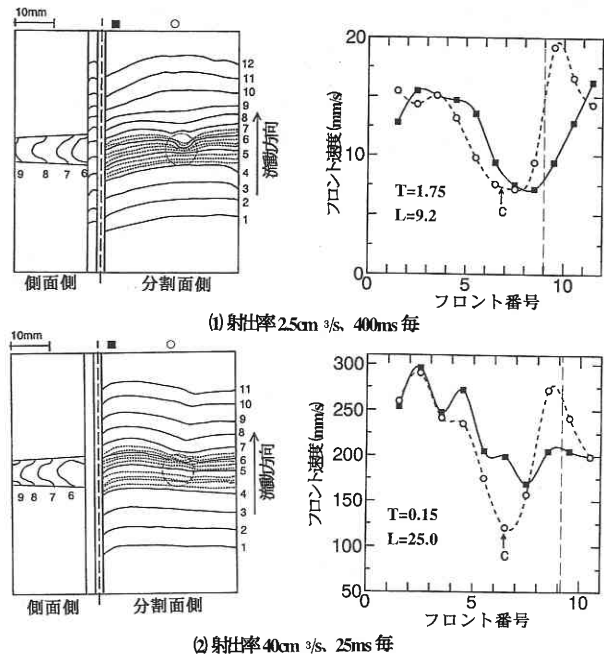
樹脂種類による大きな違いは見られていないが、ボス部充填時間 T とボス部充填時におけるボス末端からのフローフロント位置 L を比べると、PP の方がいずれも大きくなっている。これは、GPPS の方が粘度が大きいことに起因するものと考えられた。一方、射出率で比べると低射出率の場合は速度低下の割合がキャビティ両端部、中央部ともに同程度であるのに対し、高射出率ではキャビティ両端部に比べ中央部の速度低下の割合がより大きく示されている。中央部の速度はいずれも板面部フローフロントがボス部を全て通過するタイミング c に対して上昇傾向に転じることが確認される。すなわち、フローフロントがボス部を板面部から覆い始めると、以後のボス部キャビティ内では縮小流となり、板面部ではこれに対応して充填速度が増加したものと考察される。

3.2 ボスカビティ (コアピン有り)

ボスカビティ (コアピン有り) における GPPS, PP のフローフロント形状観察結果及び充填速度変化を図4, 図5に示す。コアピン有りにおけるボス内部の充填では、樹脂がコアピン周りを囲むように充填が進行している。またPPのボス内充填パターンは流入側がかなり先行し、その結果斜行した形で充填が進んでいる。これに対してGPPSでは、フローフロントがボス底部に対してほぼ垂直方向に一樣に前進する形で充填がなされている。こうした傾向は射出率の大小によらず観察されている。

板面部においては、低射出率の場合に、フローフロントがコアピンにさしかかった時、PP, GPPS のいずれにおいてもフロントに遅延現象が現れ凹形状へと遷移する。このときフロントの速度は全体的に低下傾向を示す。そして充填完了後は板幅の中央部分のフロント速度が増大し、進行方向に凸の形状へと急激に変化している。この傾向はコアピン無しの場合と同様であるが、コアピン有りの場合にはボス径が大きく、変動幅がコアピン無しに比べて一般に著しくなっている。これに対し高射出率の場合では、ボスに充填完了後、PPは低射出率と同様にして再び進行方向に凸のフロント形状になる。しかしながら、GPPSではボス部充填時の凹形状のフロント形状のままに進行している様子が示されている。

充填速度に注目すると速度グラフから、①フローフロントがボスカビティにさしかかった時点でいずれの速度も低下し、極小値となっている (図4, 図5のd)。次に②コアピンを通過中に中央部速度が極小値を経て増加に転じ、③板面部でボス領域をフローフロントが通過する c において、中央部では速度がさらに急上昇し、右側、左側速度も極小値から速度の増加へと転じている。②の過程では樹脂がピンを回り込んで縮小流へと転じるために、速度が大き



T:ボス部充填時間(s)
 L:ボス部充填時のボス末端からの加ノット位置(mm)

図2 ボスカビティによるフローフロント形状及び充填速度 (コアピン無し, GPPS)

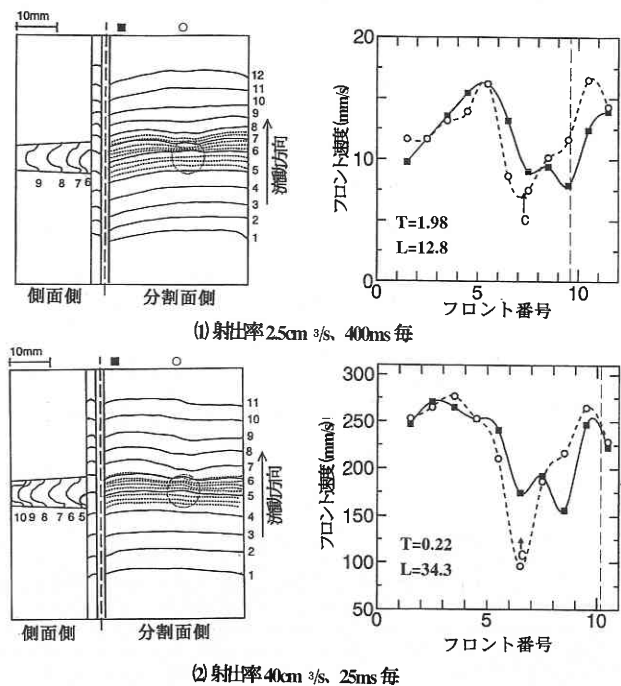


図3 ボスカビティによるフローフロント形状及び充填速度 (コアピン無し, PP)

くなっていると考えられ、③ではボス内の充填はいずれも縮小流となるため、コアピン無しの場合と同様に速度が上昇したものと考察できる。つまり、コアピン周りの縮小流による速度上昇と、充填終了後のボスからの湧き出し樹脂による速度上昇が起きていることになる。

ここで、さらに詳しく充填挙動を確認するために、GPPSでの拡大観察を行った(図6)。板面部観察ではフロントがコアピンにさしかかった時点でボス中央部(コアピン上部)の速度が低下している。それとともに、ピン周りの空間を埋めるため、樹脂がピン後方に向かって回り込むように充填され、結果としてピン周辺部のフロントがせり出した形となっている。ピンの上部を通過後には縮小流となり、ボス中央部の速度は一時的に小さくなるが、ボス部の充填が完了すると速度は再び増加に転ずる。

板厚部の観察では、樹脂充填がボス入口の流路からほぼ一定で充填が進行し、フローフロントはほぼ一定角度の傾斜パターンを描いている。ただし、ボスの底部に近づくにつれて速度がやや大きくなる傾向が見られた。図6(b)のコアピン径は、(a)と大幅に相違して映し出されているが、これはボス内面の円筒ガラス面が凹レンズのような働きをし、画像を歪めていることに起因している。したがって、(b)の流動パターンを理解する上ではこの点に注意する必要がある。

マーカ追跡の結果では、ボス部充填終了後もボス部にさしかかった樹脂は、ボス内部に入り、ピンを回り込んで約1/3~1/2の深さまで進入し、再び板面部に湧き出している様子が観察された。これに対してそれよりもボス底部に近い領域では、マーカは止まっているかほとんど動いていないことが撮影した映像から目視により確認されている。また、マーカは(a)のようにピン外周から約1mm外側を迂回しており、コアピン前後の滞留域とともに、固化の進行による非流動層の生成を確認することができる。

コアピン無し、有りに共通していることはフローパターン、充填速度ともにPPよりもGPPSの方が変化が大きいということである。これは結晶性樹脂であるPPの結晶化潜熱に起因し、非結晶性樹脂であるGPPSに比べて冷却固化速度が遅いことに起因している。すなわち、非結晶性樹脂では流動過程で板厚方向の実質残留流路が大幅に減少し易く、成形条件によってはフロントの形状が広範に変化しやすいためと考えられる。

4 結 言

- (1) コアピン無しでは、成形条件によらず、ボス部充填まではボス部は流動遅延効果を示す。ボス部充填後は、低射出率において、ボス通過後の延長線上にて

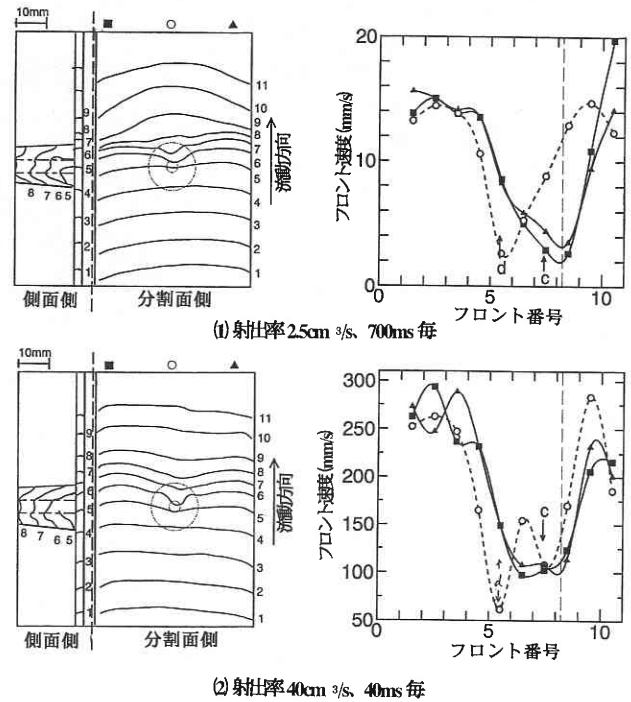


図4 ボスカパシティによるフローフロント形状及び充填速度 (コアピン有り, GPPS)

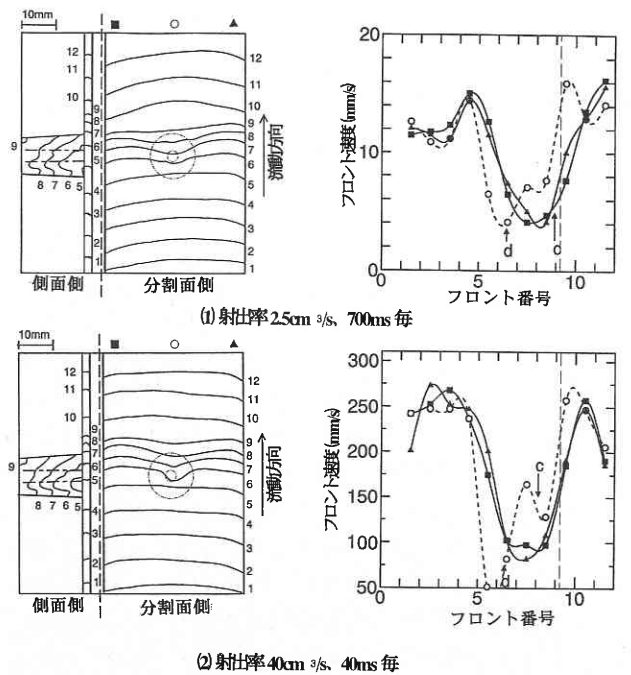


図5 ボスカパシティによるフローフロント形状及び充填速度 (コアピン有り, PP)

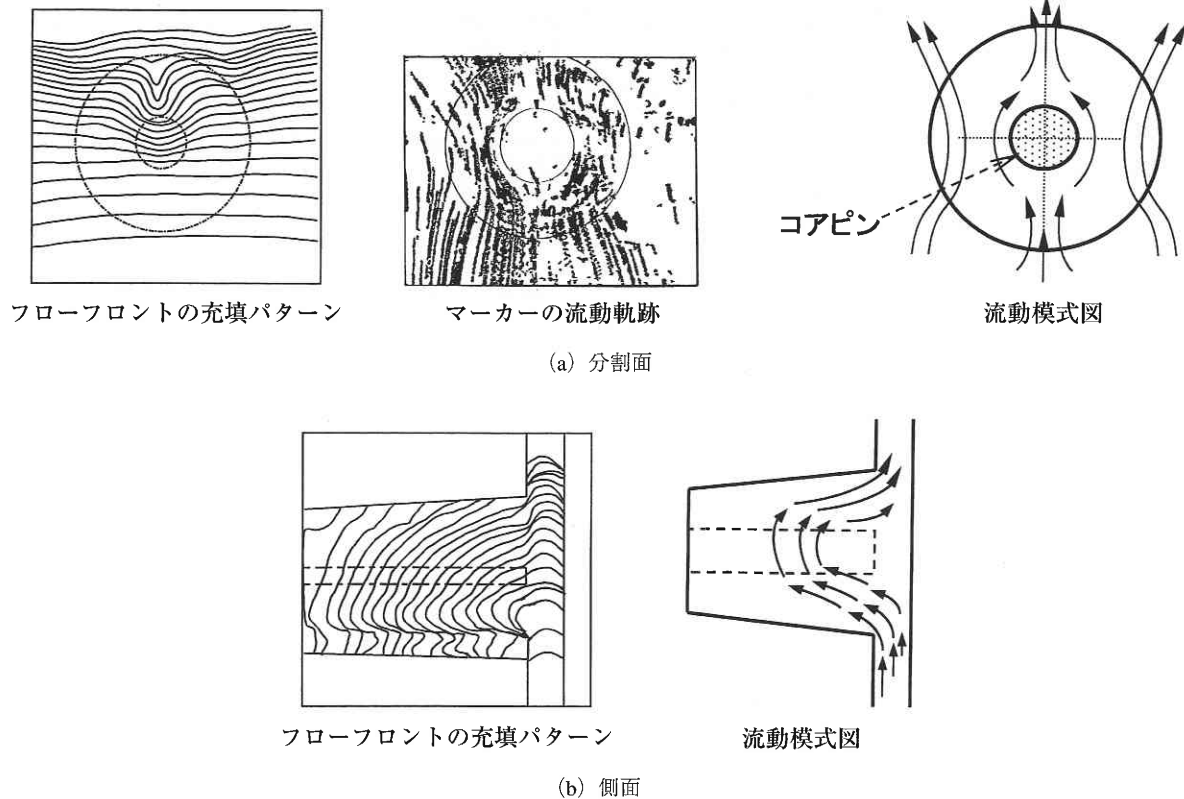


図6 拡大撮影およびマーカ追跡結果

フロント部の前進を促進するバイパスの役割を果たす。また、板面部のフローフロント位置に対するボス部充填タイミングはPPの方が早く示された。速度変化では、ボス中央部の速度が極小となり、その後キャビティ両側面部の速度が極小になる。

- (2) コアピン有りでは、成形条件によらず、PPのボス内充填はボス内部に対し流入側が常にせり出した形で斜行して進む。一方、GPPSではボス底部に対してフロントが斜行せず充填される。これに対し板面部では、低射出率の場合、GPPS、PPともにボス充填完了後は板幅の中央部が凸のフロント形状を示す。また、高射出率の場合には、ボス充填完了後にPPは流動方向に凹から凸へとフロント形状が転ずるものの、GPPSでは凹のまま充填される。速度変化では、ピン周りの縮小流による速度上昇と、充填終了後のボスからの湧きだし樹脂による速度上昇が生成している。ボス部近傍に流動してくる樹脂は、ボス部充填終了後もボス内部に入り、ピンを回り込

んで約1/2～1/3の深さまで進入した後、再び板面部に湧き出す。

本研究は東京大学生産技術研究所の平成6、7年民間等との共同研究-V'94&V'95プロジェクトにより遂行されたものであることを記し、謝意を表します。

(1999年1月14日受理)

参 考 文 献

- 1) Menges, G. and Leibfried, D.: *Plastverarbeiten*, 21, 951 (1970).
- 2) 横井秀俊, 渡辺広三, 宇高靖, 内藤貴弘, 村田泰彦: *成形加工*, 91, 27 (1991).
- 3) 横井秀俊, 梅山浩, 宇高靖, 村田泰彦: *成形加工*, 9, 232, (1997).
- 4) 横井秀俊, 榑田茂美, 松坂茂: *生産研究*, Vol. 49, No9, 58 (1997).
- 5) 横井秀俊, 松坂茂, 松田元: *成形加工'97*, 207, (1997).