研究速報

大型三次元可視化金型による段差キャビティ樹脂流動挙動の解析

Experimental Analysis of Melt Filling Phenomena in a Step-change Cavity Using 3-D Visualization Mold

松田　元*・横井秀俊**
Hajime MATSUDA and Hidetoshi YOKOI

1. 緒　言

著者らは，従来提案されてきた三次元可視化金型[1)]の可視化範囲，キャビティ寸法などの問題点を解決すべく，機能的な大型三次元可視化金型を開発し[2)]，これまでにリブ形状のキャビティ，およびボス形状のキャビティにおける樹脂流動挙動の観察実験を行い，その有効性を確認してきた[2,3)]．

本研究では引き続き，フィルムゲートキャビティ，段差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考察することを試みた．

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フィルムゲートキャビティ（図1）および段差キャビティ（図2）を組み込み，充填パターンの観察を行った．また重力の影響を調べるため，一般にはキャビティの下から上方に向かって充填するのに対し，比較用としてキャビティの上方から充填する場合の実験も行った．以下に示す図2の段差キャビティを15→3 mm，3→15 mmと表記する．使用した射出成形機はROBOSHOT α-150 A（ファナック㈱）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．

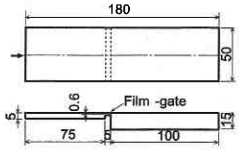


図1　フィルムゲートキャビティ

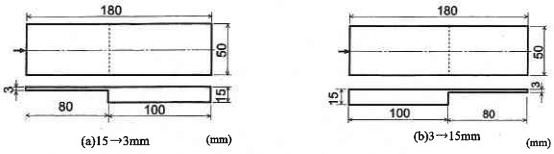


図2　段差キャビティ

表1　成形条件

	種類	GPPS	PP
樹脂	グレード	ｴｽﾁﾚﾝ2V	ﾊｲﾎﾟｰﾙJ900
	メーカー	住友化学工業㈱	㈱ｸﾞﾗﾝﾄﾞﾎﾟﾘﾏｰ
マーカ		Glowble (METALFLAKE CORP.)	
金型温度 (℃)		50	
射出率 (cm³/s)		2.5/10/40/80	

3. 結果と考察

3.1 フィルムゲートキャビティ

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3，図4に示す．

板面観察では，いずれもフィルムゲート通過前は凸形状である．しかし，通過後GPPSは凹形状へと変化している．この形状変化は射出率の大小によらず同程度である．GPPSは非結晶性であるため冷却が進みやすい．このため流動過程で先にフィルムゲート部に到達した板面中央部では滞留部が生じ，板面中央部よりも両端部方向における樹脂流れが容易となる．よって，GPPSはPPに比べゲート飛び出し後，板面の横方向に前進しやすい傾向となる．流動方向への充填速度変化は一定ではなく，GPPS，PPいずれの場合もフィルムゲート部から厚肉部へ入る時，角部への充填が優先して進行するため，一時的なフローフロントの速度低下が確認される．これは板厚部樹脂が厚肉部の底部にはじめて到達したとき（速度グラフaの位置）よりも若干進行した部分に対応している．そして速度が最も低下する位置L2（段差部から速度が極小となる位置までの距離）は低射出率よりも高射出率の方が，またGPPSよりもPPにおいていずれも大きい．その後，角部への充填が終了するとともに樹脂は流動方向にのみ進行していくため，フローフロント速度は緩やかに回復している．なお，板面部の充填パターンでは，フィルムゲート通過後に両側壁面

*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

に沿う流動遅れが生成する．その遅れ領域の生成幅は，フィルムゲート通過後のフローフロントの進行に伴って急激に広がり，フロントが底部へと接触するa以降にはその遅れ領域はほぼ一定幅に収束していく．これは，壁面効果の影響域がキャビティ厚さによりほぼ規定されることと対応した現象と理解される．

一方，側面観察では，PPの場合はフィルムゲート通過後，樹脂の飛び出し形状がほぼ流動方向を長軸とする楕円形で流入している．これに対し，GPPSではやや先端の尖ったような細長い形状になり，流入方向もPPに比べ板厚の底方向（AB方向）にせり出す傾向が大きくなっている．このことは結晶性樹脂であるPPが結晶化による潜熱を有するため，樹脂温度の低下が緩やかとなりA部から等方的に伸張しつつキャビティを充填していくためと考えられる．

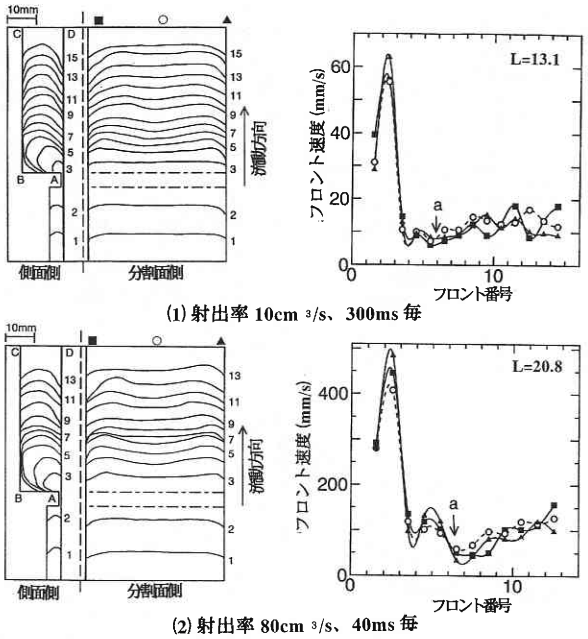
3.2　段差キャビティ

板厚15→3 mmのGPPS，PPにおけるフローフロント形状観察結果及び充填速度変化を図5及び図6に，板厚3→15 mmのGPPS，PPにおけるフローフロント形状観察結果及び充填速度変化を図7及び図8にそれぞれ示す．

板厚15→3 mmの充填パターンでは樹脂，射出率の大小による大きな違いは見られず，板厚15 mm部分の充填がほぼ終了したのち板厚3 mm部分に充填が進んでいる．板面中央部は厚肉部から薄肉部に充填が進む過程で，キャビティ両端に比べやや大きく速度が低下しその直後，急激な速度上昇に転じている．このキャビティ中央部の速度低下は，板面中央部が段差部にさしかかった後，樹脂は厚肉角部への充填に使われるため板面中央部のフロント進行が妨げられ，相対的に速度が低下するものと考えられる．

板厚3→15 mmの充填パターンにおいて，GPPSの場合，低射出率では板面左側の充填遅れはあるものの凸形状を保ったまま充填が終了している．このように図7(1)で段差通過後の中央部フローフロントが明瞭な凸形状となった理由は，同条件では充填過程において板厚3 mm部分の実質残留流路がすでに狭窄化し，板面中央部のみとなっていることに対応したものである．なお，この板面左右の差は板面左側が金属，右側がガラスであることによる熱伝導率の差によるものと考えられる．これに対し高射出率では厚肉部に充填が進む過程で，やや凹形状から大きく凹形状へ変化しつつ充填が進行している．これは制限ゲート的に作用する前述のフィルムゲートキャビティとやや異なり，Fig.7(2)のラインNo.2からNo.3に至る過程でやや凹形状のフロント先端が中央部より先に段差部に到達して圧力解放された結果と考えられる．これにより凹形状の両側先行部は中心遅れ部に比べて流動抵抗が相対的に低くなり，両者のフロント形状の差を倍加させたものと理解される．

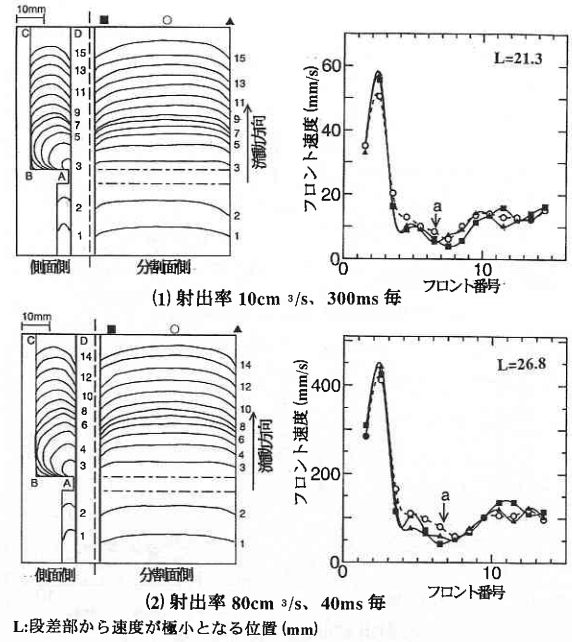
側面観察では高射出率の場合，板面方向（AD方向）へのせり出し（AD方向に延びた形）が大きくなっている．この傾向はGPPSの方が顕著である．ただし，図5～8の側面観察画像を再度確認した結果，板面部との対応が必ず



(1) 射出率 10cm³/s、300ms 毎

(2) 射出率 80cm³/s、40ms 毎

図3　フィルムゲートキャビティによるフローフロント形状及び充填速度（GPPS）



(1) 射出率 10cm³/s、300ms 毎

(2) 射出率 80cm³/s、40ms 毎

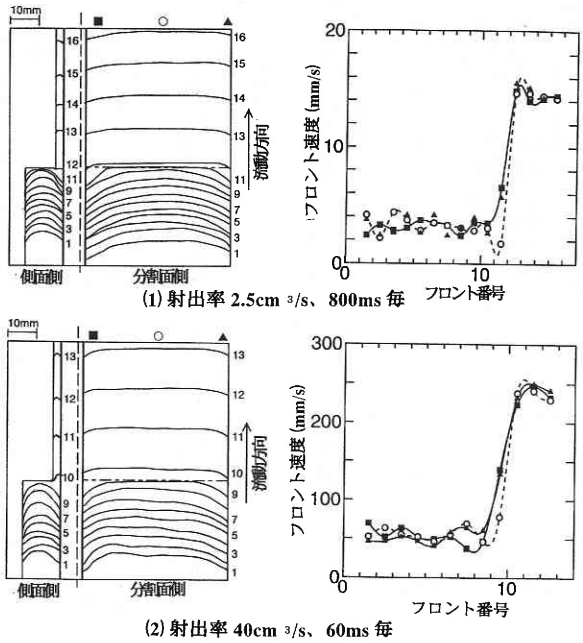
L:段差部から速度が極小となる位置 (mm)

図4　フィルムゲートキャビティによるフローフロント形状及び充填速度（PP）

しも明瞭にとれておらず，ガラス面と樹脂との接触面の形状をとったものもあることが明らかとなった．従ってこれらの側面観察結果では参考データにとどめることにした．

3.3　重力の影響

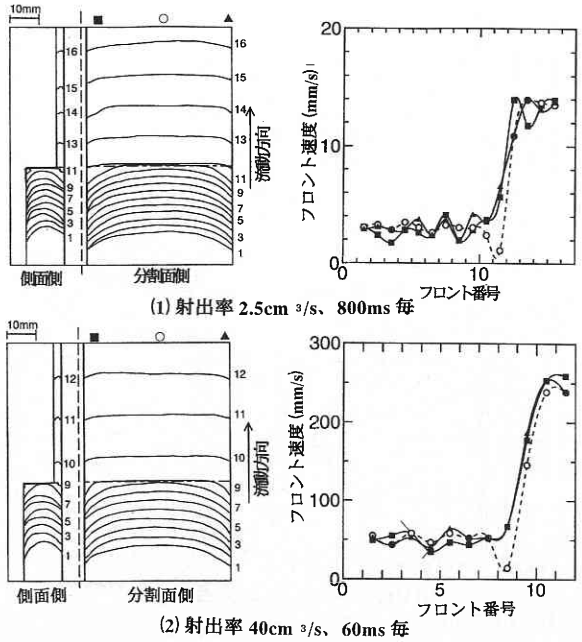
段差キャビティの充填パターンにおける重力の影響を調べるために，ゲートをキャビティ上部に設定し，樹脂を上から下方向に充填した場合の充填過程について検討を行った．そのフローフロント形状観察結果を図9～12にそれぞれ示す．フローフロント図中の波線は実線の半分の時間スケールで描いたものである．これらは同一条件で充填方



(1) 射出率 2.5cm³/s、800ms 毎

(2) 射出率 40cm³/s、60ms 毎

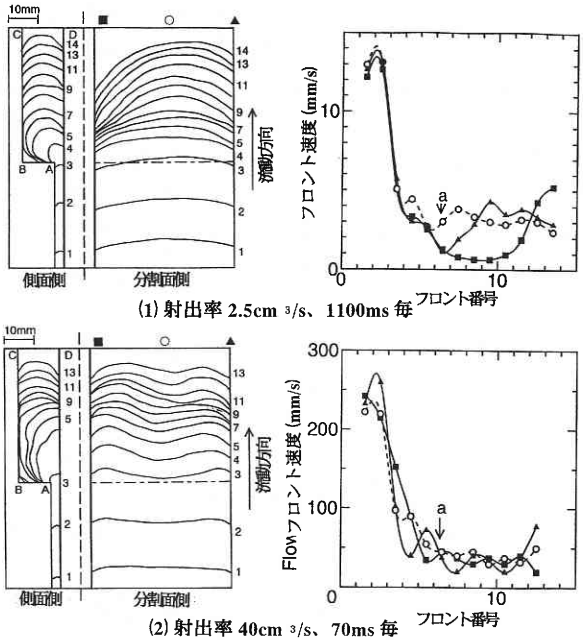
図5　段差キャビティによるフローフロント形状及び充填速度（15→3 mm，GPPS）



(1) 射出率 2.5cm³/s、800ms 毎

(2) 射出率 40cm³/s、60ms 毎

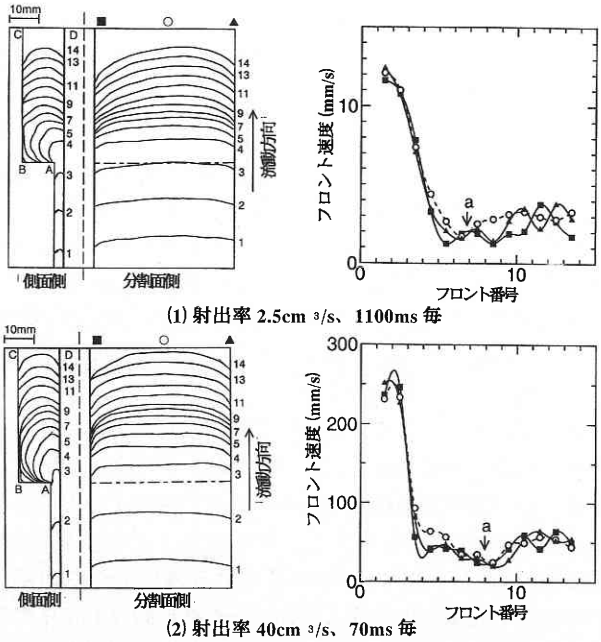
図6　段差キャビティによるフローフロント形状及び充填速度（15→3 mm，PP）



(1) 射出率 2.5cm³/s、1100ms 毎

(2) 射出率 40cm³/s、70ms 毎

図7　段差キャビティによるフローフロント形状及び充填速度（3→15 mm，GPPS）



(1) 射出率 2.5cm³/s、1100ms 毎

(2) 射出率 40cm³/s、70ms 毎

図8　段差キャビティによるフローフロント形状及び充填速度（3→15 mm，PP）

向をキャビティ下部から上方とした前掲図5～8にそれぞれ対応している．なお，図5，6は図9，10とラインNoの時間間隔が異なっていることに注意を要する．

フローパターンはいずれの場合においても板面部についてはキャビティ下部から充填したものとの顕著な相違点は見いだせなかった．しかし，板厚3→15 mmでGPPSを用いた時の比較では，高射出率では下部から充填したもの（図7）は上部からのもの（図11）に比べてフロントの凹形状が若干緩やかに示される．側面観察では，板厚3→15 mmについて，キャビティ下部から充填したものでは図7，8のように高射出率で板面方向に少し延びた形で充填されていたが，上部からの充填では図9，10のように低射出率の場合と同様，厚肉部のキャビティ底面に向かって楕円状に充填が進んでいる．以上のように，ゲート位置を上下入れ替えた本実験では大きな差異は認められなかったが，もともと段差部近傍で重力方向に大きな充填形状の差が生じにくい段差キャビティを用いたためとも考えられ，横方向の射出時や，厚肉部でのゲート近傍流動現象などにおける重力の影響を今後さらに検討する必要があろう．

4. 結　　言

(1)　フィルムゲートキャビティ

GPPSではフィルムゲート部での滞留作用により板面中央部よりも両端部方向に樹脂の流れが優先し，高射出率ほどその影響は顕著となり，凹形状になりやすい．流動方向への充填速度変化は，フィルムゲート部から厚肉部へ入る時，一時的な速度低下が確認される．側面観察では，フィルムゲート通過後，PPの場合は樹脂の飛び出し形状がほぼ楕円形で流入するのに対し，GPPSではやや先端の尖った細長い形状をとることが示された．

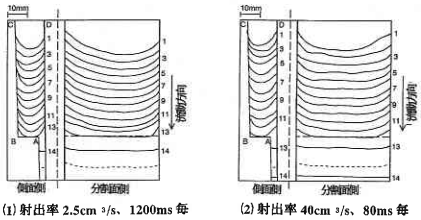
(2)　段差キャビティ

板厚15→3 mmの場合，板面中央部の速度変化は厚肉部から薄肉部に充填が進む過程で，キャビティ両端部に比べ速度が大きく低下し，その後急激な速度上昇に転じる．

板厚3→15 mmの場合，GPPSでは，キャビティ中央部よりも端部方向への樹脂供給が大きいため，厚肉部に充填が進む過程で，特に高射出率ではやや凹形状から大きく凹形状へと変化し充填が進行する．

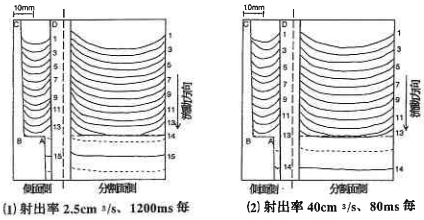
(3)　段差キャビティ充填における重力の影響

いずれの場合においてもキャビティ下部から樹脂を充填したものとの顕著な相違点は見いだせなかった．側面観察において，板厚3→15 mmでは高射出率でキャビティ下部から充填したものでは板面方向に少し延びた形で充填されていたが，上からの充填ではキャビティ厚さ方向に向かって広がる楕円状に充填が進んでいる．



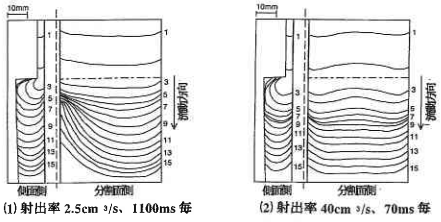
(1) 射出率 2.5cm³/s、1200ms 毎　(2) 射出率 40cm³/s、80ms 毎

図9　段差キャビティのフローフロント形状における重力の影響（15→3 mm，GPPS）



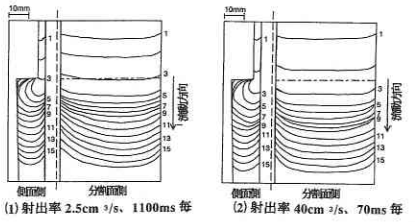
(1) 射出率 2.5cm³/s、1200ms 毎　(2) 射出率 40cm³/s、80ms 毎

図10　段差キャビティのフローフロント形状における重力の影響（15→3 mm，PP）



(1) 射出率 2.5cm³/s、1100ms 毎　(2) 射出率 40cm³/s、70ms 毎

図11　段差キャビティのフローフロント形状における重力の影響（3→15 mm，GPPS）



(1) 射出率 2.5cm³/s、1100ms 毎　(2) 射出率 40cm³/s、70ms 毎

図12　段差キャビティのフローフロント形状における重力の影響（3→15 mm，PP）

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7月16日受理）

参　考　文　献

1)　横井秀俊，梅山浩，宇高靖，村田泰彦：成形加工，9，232，(1997)．
2)　横井秀俊，櫛田茂美，松坂茂：生産研究，Vol.49，No.9，58，(1997)．
3)　横井秀俊，松坂茂，松田元：成形加工'97，207，(1997)．
4)　松田元，横井秀俊：生産研究，Vol.51，No.3，29，(1999)．