

# 3次元可視化金型による繊維高充填系樹脂の不安定流動観察

Dynamic Observation of Unstable Melt Flow Behavior in High Glass-Fiber Content Ratio Using 3-D Visualization Mold

松田 元\*・横井 秀俊\*\*

Hajime MATSUDA and Hidetoshi YOKOI

## 1. 緒 言

著者らはこれまで、機能的な大型三次元可視化金型を開発し<sup>1)</sup>、フィラー非充填系樹脂において、リブ形状、ボス形状、段差形状の各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<sup>1), 2), 3)</sup>。一方、フィラー充填系樹脂においては繊維配向の動的観察もいくつかなされ、ガラス繊維濃度 27 wt % の GPPS を用いて矩形キャビティ内繊維配向過程を解析し配向機構を明らかにしている<sup>4)</sup>。しかし、複雑形状のキャビティにおける一般的な繊維高充填系樹脂の流動観察についてはほとんど実施されていない。そこで、著者らは市販されている繊維高充填系樹脂を用い、ボス、段差形状のキャビティについて充填挙動観察実験を行うとともに、併せて行われた別研究の非充填系樹脂の流動<sup>3), 4)</sup>と比較しつつ検討を行ったのでその概要を報告する。

## 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<sup>1)</sup>と同様である。三次元可視化金型に、ボスカビティ（コアピン有り、無し；図1）、段差キャビティ

表1 成形条件

樹脂	充填物	ガラス長繊維 40 wt %
	グレード	Verton MFX 70
	メーカー	川崎製鉄 (株)
金型温度 (°C)		50
射出率 (cm <sup>3</sup> /s)		2.5/40
シリンダ設定 (°C)		N ; 200/225/210/200

(\*ベース樹脂はPP)

\*アロン化成 (株) 商品開発センター  
\*\*東京大学国際・産学共同研究センター

(図2)を組み込み、それぞれのキャビティについてフローフロント形状の観察を行った。以下に示す図2の段差キャビティを3→15 mm, 15→3 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 ボスカビティ

ボスカビティにおけるフローフロント形状を図3、図4に示す。コアピン無しでは、両端の速度(■, ▲印)が極小になる充填パターンをとり、非充填系樹脂の場合と比較して大きな変化は見られない。しかし、非充填系樹脂のキャビティ中央部速度(○印)の極小位置が繊維充填系樹脂ではやや遅れて現れている。これは繊維充填系樹脂の粘

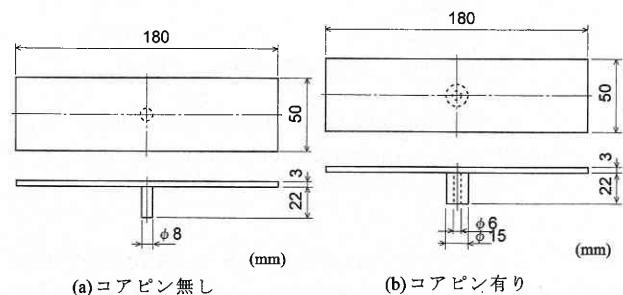


図1 ボスカビティ

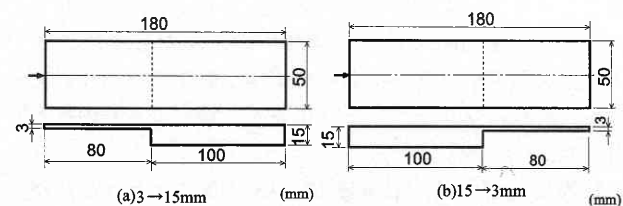


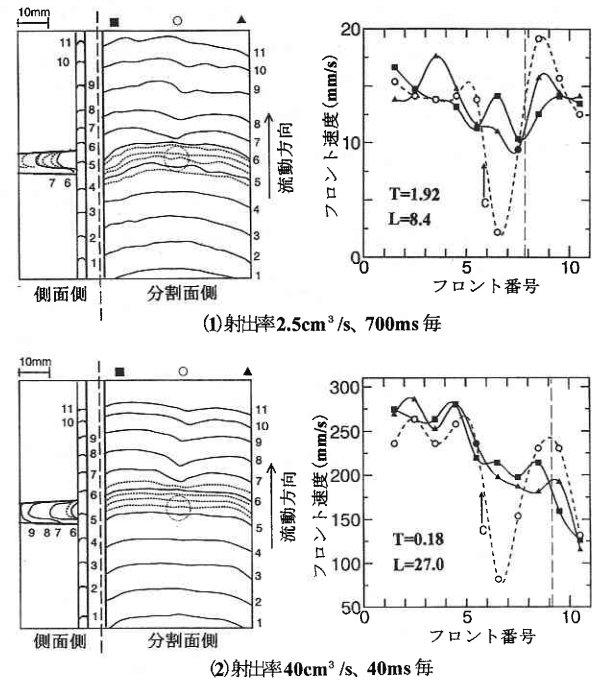
図2 段差キャビティ

度が高いために、樹脂がボス部に流入しにくく、非充填系樹脂に比べボス部への充填タイミングが若干遅れることに起因するものと考えられる。

コアピン有りの場合、板面中央部の速度が極小となるのはフローフロントがコアピンに達したときに対応している。繊維充填系樹脂では板面両端に比べ、中央部の速度変化が若干大きくなる傾向があるものの、全体的にコアピン無しのように板面中央部の速度変化が両端に比べて著しく大きいということはなく、これらの現象は非充填系樹脂の場合とほぼ同様のパターンとなっている。これはコアピン無しに比べてボス径が大きいため、粘度の高い繊維充填系樹脂でも板面のフローフロント位置におけるボス充填開始タイミングにおいて大きな差となって表れず、非充填系樹脂と同様な速度変化を示したものと思われる。コアピン通過時の板面中央部のフローフロント速度に注目すると、繊維高充填系、非充填系のいずれの場合にも、特に高射出率の場合にはコアピン通過時から縮小流となり、一時的な速度上昇が起きている領域が存在する。しかし、繊維充填系樹脂では速度の変動幅が非充填系樹脂に比べて小さくなっている(図4(2)のラインNo.6~7付近)。これは繊維長が大きいため繊維同士の干渉やコアピンへの繊維のひっかかりが生じたため、他と比べた場合に相対的に変動が小さくなったと考えられる。

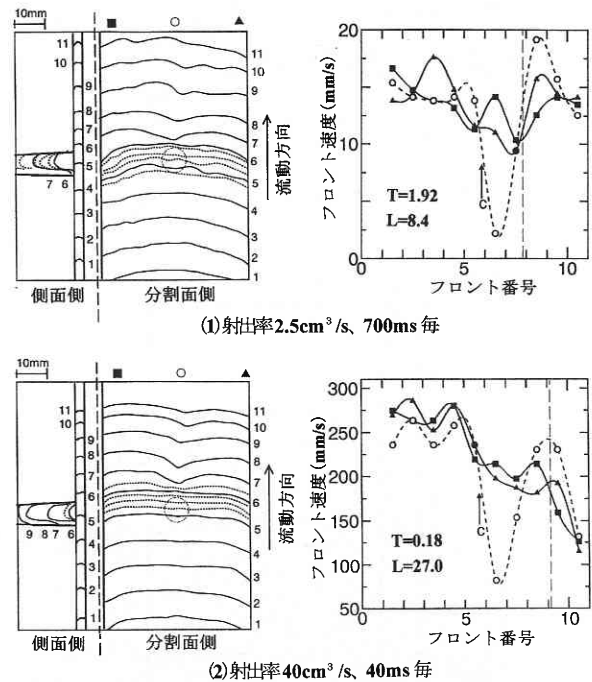
3.2 段差キャビティ

繊維充填系樹脂における板厚 15→3 mm の段差キャビティのフローフロント形状観察結果を図5に示す。この場合は極めて不安定な充填パターンを示している。低射出率の例では、厚肉部充填過程で板面左側に冷却の進んだ樹脂(滞留部)が形成されたために、フローフロントの進行がこの領域で妨げられほとんど止まってしまう様子が観察された。そのため樹脂は主に板面右側により優先的に流れ始め、左側に傾斜したフローパターンを形成している。高射出率の場合は低射出率ほど滞留域の形成は見られないものの、充填パターンは等間隔ではなく、不均一な充填現象が確認されている。これらの現象は、繊維充填系樹脂の繊維長が大ききお互いにかみ合うため、フロント部に滞留部を形成しやすく、樹脂の冷却も進みやすいことに起因していると考えられる。こうした不安定な流動は、特に流動圧の小さい厚肉部において生成しやすく、したがって厚肉部への充填パターンは再現性も低く凹凸の大きな不均一な形態になる傾向が強い。薄肉部へ充填は非充填系樹脂の場合と同様、厚肉部への充填が終了してから始まっている。また、段差部境界以降の充填では、ガラス長繊維を高充填しているにもかかわらず、不完全ながらファウンテンフローして進む様子が映像から確認された。



T:ボス部充填時間(s)  
 L:ボス部充填時のボス末端からのフローフロント位置(mm)

図3 ボスカビティにおけるフローフロント形状及び充填速度(コアピン無し)



T:ボス部充填時間(s)  
 L:ボス部充填時のボス末端からのフローフロント位置(mm)

図4 ボスカビティにおけるフローフロント形状及び充填速度(コアピン有り)

研究速報

板厚3→15mmのキャビティにおけるフローフロント形状観察結果を図6に示す。低射出率では、厚肉部に対して充填が開始されると、樹脂の冷却が進んでいるため非充填系樹脂のように角部への充填が優先されなくなる。そのため、キャビティ前方に向かって直進して充填が進みやすい。そして、フローフロントがキャビティの末端部に到着した後、厚肉部の中心部から充填が進み、最後に入口段差部の角部と末端部の角部への充填が行われている。高射出率ではさらにその傾向が顕著になり、ジェットイングの様な形態からさらにアコーディオン流動を形成しつつ充填が進んでいる(図7参照)。厚肉部へ進んだ樹脂は板面表面に沿うように直進し、キャビティ末端に到達する。その後、絨毯のように折り畳まれながら、厚肉部のほぼ中間の位置

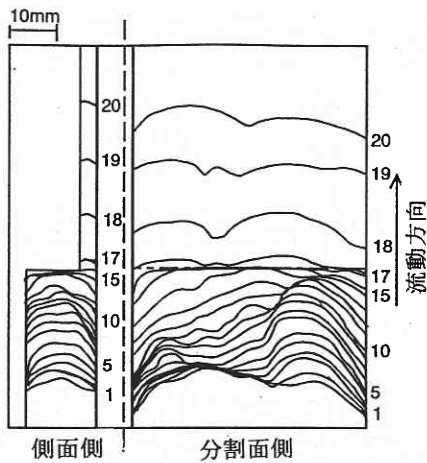
を起点に厚肉部の入口段差部の方向に、やや優先的に充填が進んでいる。同時にキャビティ末端へも緩やかに充填が進んでいる。樹脂が厚肉部に進んでいく際、樹脂にかかっていた板厚方向への圧力が一気に低下するため、樹脂中の一部のガラス長繊維が解放されて膨張し、かつ表面が毛羽立った様相へと変化している。

4. 結 言

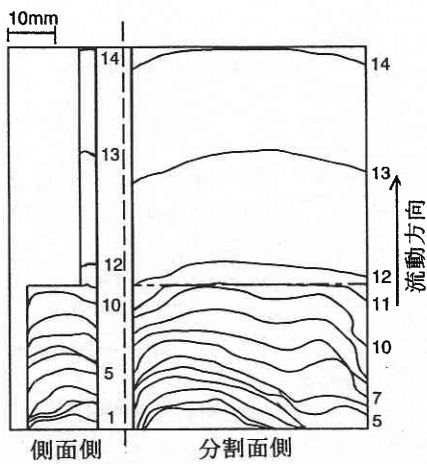
繊維高充填系樹脂を用いたボスおよび段差キャビティにおけるフローフロント速度解析を行い、高充填系樹脂と非充填系樹脂との充填パターンの相違点を明らかにした。

(1) ボスカビティ

- ・フローフロント速度ではコアピン無しの場合、キャビティ中央部の速度変化は非充填系樹脂に比べ著しい。また非充填系樹脂のキャビティ中央部の速度はボス通過時に極小値が対応しているのに対し、繊維充填系樹脂においては、ボス通過後、やや前進した位置で極小となる。
- ・コアピン有りの場合は、コアピン無しに比べてボス径が大きいので、ガラス長繊維充填系樹脂のような高粘度の樹脂でもボス部への充填開始タイミングに大きな差が生じず、非充填系樹脂と同様な速度変化を示す。
- ・充填パターンについては繊維充填系樹脂では、繊維同士

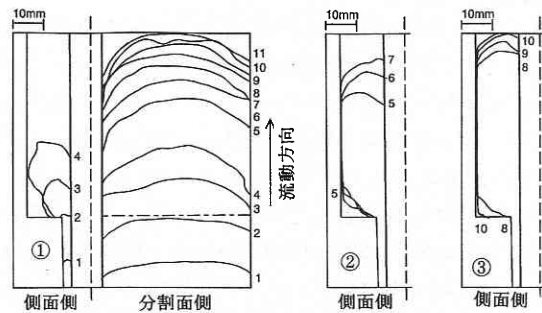


(1) 射出率  $2.5\text{cm}^3/\text{s}$ 、1100ms 毎

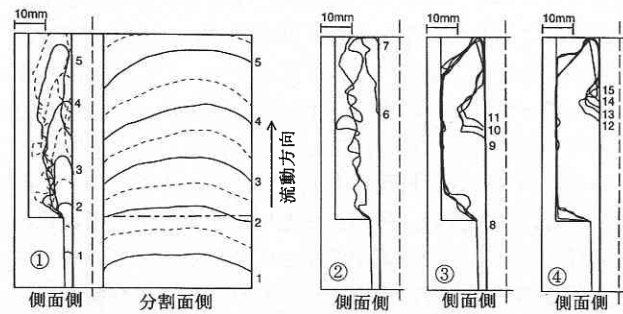


(2) 射出率  $40\text{cm}^3/\text{s}$ 、100ms 毎

図5 段差キャビティによるフローフロント形状 (15→3mm)



(1) 射出率  $2.5\text{cm}^3/\text{s}$ 、1100ms 毎



(2) 射出率  $40\text{cm}^3/\text{s}$ 、70ms 毎

図6 段差キャビティによるフローフロント形状 (3→15mm)

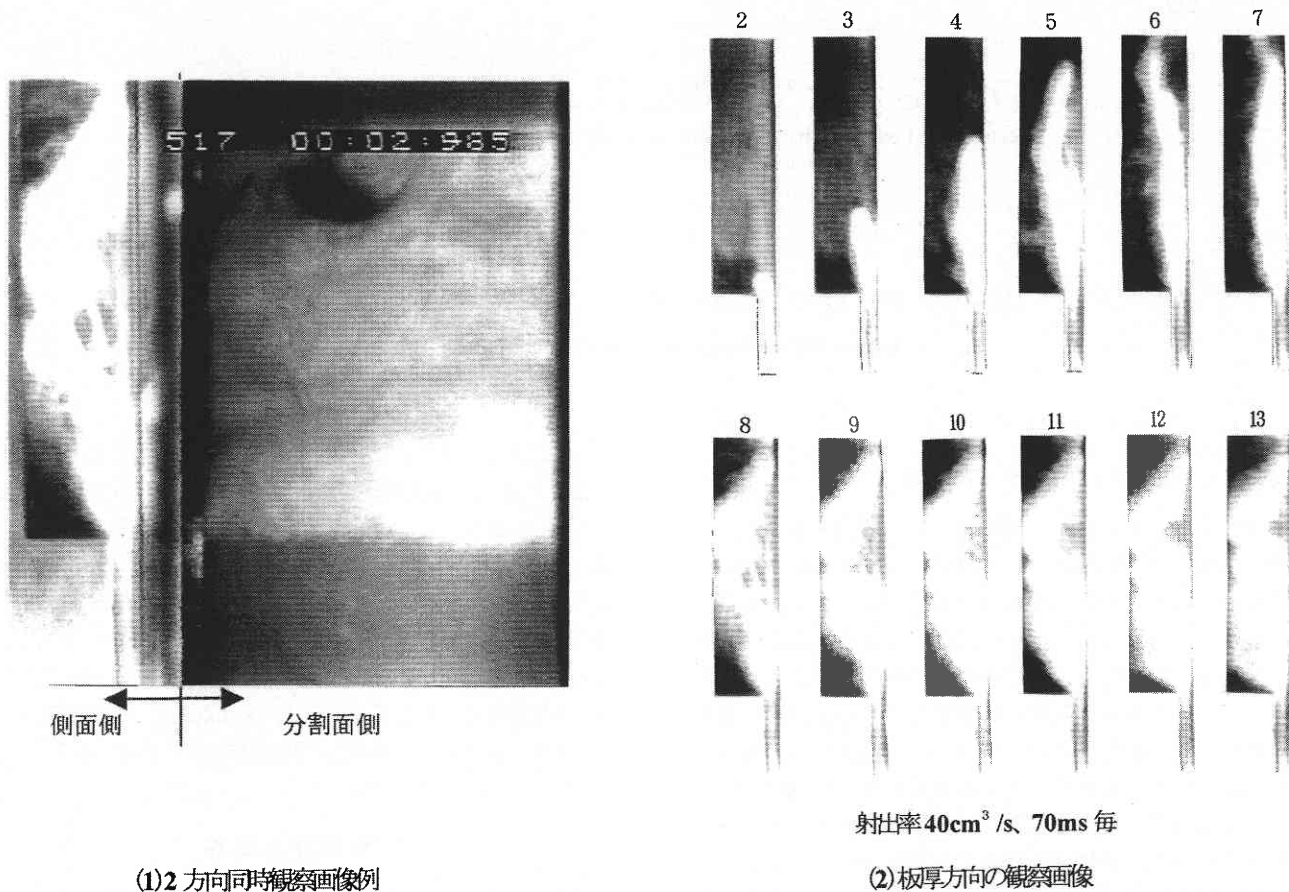


図7 段差キャビティによる充填パターン

の相互干渉や、流動樹脂の冷却促進により、特にフロント部が高粘度となりやすい。そのため分岐部での分流に位相遅れが出やすいため、フローフロント形状の大幅な変化および、非充填系樹脂よりも大きな速度変化を生じやすくなる。

## (2) 段差キャビティ

・板厚  $15 \rightarrow 3\text{mm}$  の場合、繊維長が大きいことや樹脂の冷却が進みやすいことで、特に低射出率の場合の厚肉部における充填パターンは各ショット間のばらつきが大きくなりやすい。

・板厚  $3 \rightarrow 15\text{mm}$  の場合、低射出率では厚肉部充填において樹脂の冷却が進んでいるため、フローフロントがキャビティの末端部に到達した後、厚肉部入口の角部への充填が終了するという傾向になっている。高射出率ではさらにその傾向が顕著で、いわゆるアコーディオン流動を呈する。また、樹脂が厚肉部に進んでいく際、圧力解放により、一部のガラス長繊維が解放されキャビティ内に膨張して広が

ることが示された。

以上、様々な形状のキャビティについて非充填系樹脂との充填現象を比較してきた。今後の課題として、特に局所的な拡大撮影によるより詳細な繊維の動き、段差部分での速度変化の解析などを行う必要性が指摘される。

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。

(2000年7月11日受理)

## 参 考 文 献

- 1) 横井秀俊, 柳田茂美, 松坂茂: 生産研究, Vol. 49, No. 9, 58, (1997).
- 2) 松田元, 横井秀俊: 生産研究, Vol. 51, No. 3, 29, (1999).
- 3) 松田元, 横井秀俊: 生産研究, Vol. 51, No. 9, 9, (1999).
- 4) 村田泰彦, 西芳夫, 横井秀俊: 成形加工 '92, 199, (1992).