

計測・CAE を活用した原理原則回帰の成形加工

Approach for principle polymer processing using measurements and simulation technologies

(富士テクニカルリサーチ/埼玉工大) ○ (正) 高原忠良\*  
(富士テクニカルリサーチ) 名取孝, 大友一之, 高橋久範  
(東レエンジニアリング) (賛) 今井雄一

Keywords: Optical fiber, Injection molding, VaRTM.

1. 緒言

開発期間短縮・費用低減の観点で、デジタル開発拡大の傾向にある。正確な実現象再現が必須となるが成形現象は直接観察困難な型内現象である。この観察に使用されている圧力センサや熱電対は設置制約上、数が限定され離散的な計測となる。光ファイバをセンサとしたひずみ・温度の計測法<sup>1)</sup>は、光ファイバに沿って連続的に計測可能でこれまで把握できていない挙動把握の可能性が広がる。

本報告では、この方法で計測するとともにシミュレーションにより計測結果を解釈することにより型内現象の考察を試みた。熱可塑・熱硬化各一例を紹介することで手法の汎用性も示しながら、デジタル開発の潮流を概観する。

2. 事例1 射出成形時のひずみ・温度同時計測  
(1) 計測

富士テクニカルリサーチの光ファイバ計測システム FBI-Gauge により、射出時の型ひずみと型温度を同時計測した。図1は型概要と光ファイバ配置状況である。プライムポリマ製ポリプロピレン J-650HP、東芝機械製射出成形機 EC220N-16A にて成形した。図2は図1に示す代表計測点における1成形中の温度・ひずみ変化である。約2秒で型昇圧が完了し型の長手方向 S2・S4 では引張、短手方向 S1・S3 では圧縮ひずみとなる。射出開始とともにゲート直下 T2 で型温が上昇し、約3秒後に端末 T3 で上昇する。

\*Tadayoshi Takahara  
Nagoya Technical Center, Fuji Technical Research  
Ultimate Tower SakaeV11F, 5-28-18, Sakae, Naka-ku,  
Nagoya 460-0008, Tel: 052-269-1321, Fax: 052-269-1322  
E-mail: tada\_takahara@ftr.co.jp

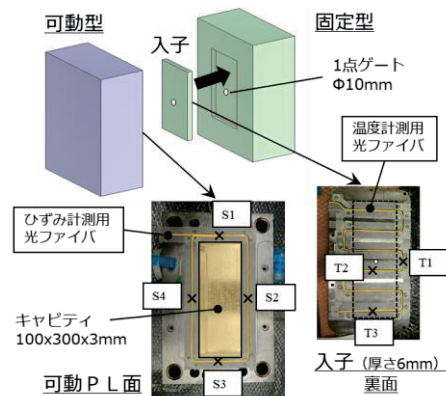


Fig.1 Schematic illust. of Mold and Optical fibers

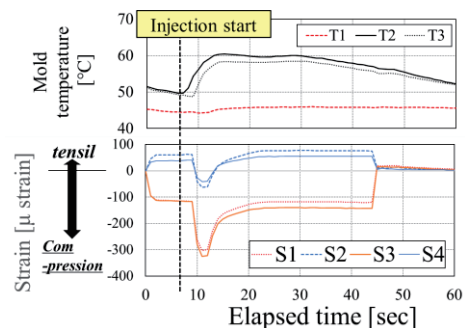


Fig.2 Strain and temperature change during molding

同時に S1～S4 の4点すべてで急激な圧縮ひずみが発生する。このひずみは約2秒後に4点同時にピークののち、最初は急激についで徐々に回復し、型開きでほぼ原点に戻る。この結果は、樹脂充填完了と共に型内圧が上昇し型を押し開く変形が発生し、ついで樹脂の冷却固化体積収縮による型変形の緩和現象と推察できる。

(2) シミュレーションによる現象考察

図3はキャビティ外周9点の型閉じ時のひずみである。上段は計測値、下段はPL面全面に50μmの強制変位を与えた型剛性解析結果である。長手方向で引張、短手方向で圧縮の変形挙動が

一致し、定量的にも概ね一致しており、型閉じ・昇圧に伴う型変形のひずみと考えられる。図4上はS1における射出開始からの圧縮ひずみ、下は東レエンジニアリングの3D TIMON<sup>®</sup>で解析した型内圧の時間変化である。いずれも射出開始約2秒後から急激に増加しており、樹脂充填完了とともに型内圧が上昇し型を押し開く変形が生じるとの推察を検証できた。

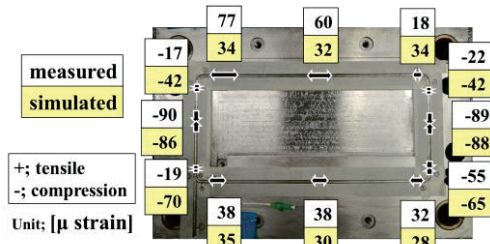


Fig.3 Comparison of measured and simulated strain

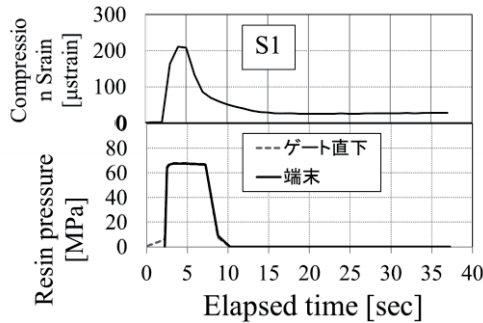


Fig.4 Comparison of measured mold strain and simulated resin pressure

### 3. 事例2 VaRTM 成形の浸透係数計測

解析のための樹脂浸透係数を光ファイバで求め、流動挙動を実測と解析と比較した。

#### (1) 計測

図5は型概要と光ファイバ配置状況である。型と流入液体に温度差があるため光ファイバの温度変化位置から流動速度を計測する。光ファイバは上下型に対称に設置してあり、この時間差から厚み方向の浸透係数の算出も可能である。図6は計測結果から求めた炭素繊維積層数ごとの流動先端位置である。

#### (2) シミュレーション

計測値から算出した浸透係数を用い、CoreTech System社のMoldex-3Dにて熱硬化解析し、流動先端位置を比較した。積層枚数が多い場合は、解析と良く一致したが枚数が少ない場合はズレを生じた。計測で確認できた積層枚数による浸

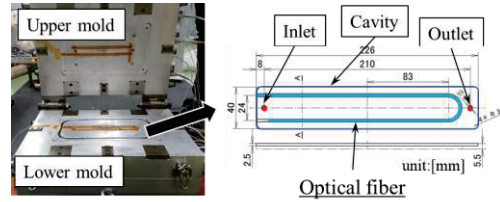


Fig.5 Schematic illust. of Mold and Optical fiber

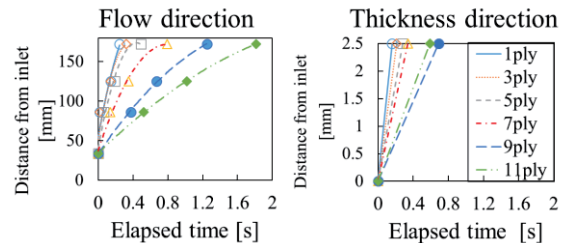


Fig.6 Flow front position for each carbon fiber lamination number

透挙動差<sup>2)</sup>を織り込む必要性を示唆している。

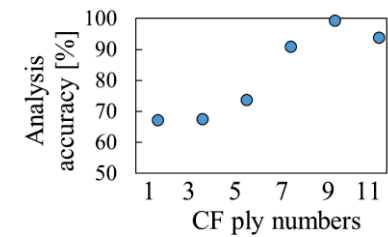


Fig.7 Simulation accuracy

### 4. 結言

光ファイバによる計測手法を射出成形とVaRTM成形に適用した。射出成形では、型閉じ時・射出成形時のひずみ・温度の詳細な分布が計測できた。この結果とシミュレーションの比較から射出成形での型挙動が考察可能であることを示した。VaRTM成形では浸透係数が計測できた。この係数を元にした熱硬化解析から精度向上の着眼点を得ることができた。

型内現象を的確に計測しシミュレーションでその現象を考察することの有用を示した。このようなアプローチによりデジタル開発は一層加速すると考えられる。

謝辞; 事例2は金沢工大 山部・瀬戸研究室 浅井様の研究である。ご提供に謝意を表します。

### 参考文献

- 1) [https://www.ftr.co.jp/solution/hardware/fbi\\_gauge/](https://www.ftr.co.jp/solution/hardware/fbi_gauge/)
- 2) 浅井, 瀬戸, 田中, 山部: 成形シンポジウム'18, 103(2018)