

## 審査の結果の要旨

氏名 金藤 芳典

プラスチック射出成形法は、3次元自由形状の成形が可能で、形状精度・金型表面転写精度が高く、生産性に優れた加工方法である。そのため、多種多様な分野において幅広く用いられている。射出成形品のリブやボス、段差部等は複雑な3次元流動挙動を呈する領域で、多様な成形不良が数多く確認されている。型内成形現象を正確に把握するためには、3次元の樹脂流動挙動を詳細に計測でき、実現象への適用性が高い実験解析手法の確立が必要となる。本研究では、実成形において3次元樹脂流動挙動を高精度に解析できる可視化手法を確立し、同手法により、従来の実験解析法では困難であった3次元の型内流動挙動を解明することを研究目的としている。

第I部では、型内流動中の2種類の樹脂をゲート直前で瞬時に切り替え、流動樹脂の一部に高精度なマーキングを施すランナー切替装置を開発し、同装置を用いた新規着色マーキング方法を確立する。同方法は、時間因子を考慮した静的な可視化解析だけでなく、ガラスインサート可視化金型と組み合わせることで着色マーキング樹脂の流動挙動を動的に可視化解析することも可能とする。同解析法により、固化層近傍のZ字状流動パターン、コアピン付ボス部の内部樹脂流動挙動を鮮明に観察し、その有効性を実証的に明らかにした。当初の油圧駆動方式を発展させ、新たにダイレクトドライブモータ直接駆動方式を提案して切替時間を約1/5とし、キャビティ充填時間30ms程度までの高射出率条件へも適用範囲を拡大した。また、X線吸収特性を有する硫酸バリウム等を混合したマーキング樹脂を用いることで、成形品内部に凍結されたマーキング樹脂領域の3次元形状を、X線CT技術によって容易に抽出する方法を新たに提案した。

第II部では、第I部で確立した可視化手法により、これまで未解明であった型内樹脂流動挙動を明らかにしている。まず、汎用ポリスチレン、ポリプロピレンの非強化樹脂におけるフローフロント領域の樹脂流動挙動を可視化し、(1)フロント最表層面での射出初期樹脂の薄膜状滞留現象、(2)フロント接触領域のやや上流側でのコア層縮小流れ現象を初めて明らかにし、新たにフローフロント領域の流動モデルを提示した。ガラス繊維等フィラー強化樹脂のフローフロント領域も可視化解析し、(1)非強化と比してフロント滞留樹脂領域の大幅な拡大、(2)厚さ方向の湧き出し位置がキャビティ幅方向に交互に反転する、非対称な”ジグザグファウンテンフロー現象”の生成を初めて明らかにし、流動モデルを提示した。次に、矩形キャビティの両側面部においては、充填初期の樹脂が角状に引き伸ばされつつフローフロント直下を流れる、特徴的な側面流れの挙動を初めて明らかにし、この側面流れがキャビティ幅の減少に伴いどのように遷移するかを観察して、その流動モデルを提示した。板厚が段差状に拡大するキャビティでは、薄肉部の固化層近傍を流動する低温・高粘度樹脂が、段差角部から非対称に湧き出して急激に伸長されつつ表層面に露出し、さ

らに段差側に接地直後は金型上を滑るように移動することで、フローマークを生成することを明らかにし、流動モデルを提示した。最後に、高速充填でのポリアセタール成形品表面に生成する無数の皺状成形不良生成過程を、高速ランナー切替装置と可視化金型とにより可視化解析し、一旦冷却形成された固化層が、その後の流動過程で分断され金型表面上を滑るように移動する固化層分断現象を初めて確認し、分断固化層の樹脂片周りに、多数の皺状成形不良が生成することを明らかにした。

以上のように本論文では、これまで実験解析手法が確立されていなかった金型内 3 次元樹脂流動分野において、新たにランナー切替装置を開発し、ガラスインサート可視化金型および X 線 CT との組み合わせによる複合的な可視化効果の実現、さらにはダイレクトモータ導入による切替装置の高速化を実現した。さらに同装置に基づき、これまで確認することができなかった (1) 非強化樹脂のフローフロント表層の薄膜状滞留現象、(2) フロント近傍のコア層縮小流形成現象、(3) フィラー強化樹脂でのジグザグファウンテンフロー現象、(4) 側面流れ現象、(5) 段差部非対称ファウンテンフロー現象と金型上の滑り流動現象、(6) スキン層分断流動現象、以上の各現象の生成を定量的に初めて明らかにし、それぞれの生成過程モデルを提示している。このように本論文は、プラスチック射出成形の金型内成形現象実験解析の研究分野において極めて有効な実験解析手法を初めて提示するとともに、これまで未解明であった 3 次元流動現象ならびにそれに基づく成形不良現象解明への適用を通して、工学的にも工業的にも多くの重要な知見を見出した先導的な研究である。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。