

Title	粘弾性流体の非定常流動に関する研究
Author(s)	山本, 剛宏
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3161902
DOI	10.11501/3161902
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏 名	山 本 剛 宏
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 9 3 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 11 年 9 月 22 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	粘弾性流体の非定常流動に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 中村喜代次 (副査) 教 授 三宅 裕 教 授 辻 裕

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、粘弾性流体の非定常流動のメカニズムの解明を目的として行った研究をまとめたものであり、9章から構成されている。

第1章は序論であり、研究の背景、従来の研究との関連、研究の目的について述べている。

第2章では、粘弾性流体の流動解析の理論と構成方程式について述べている。そして、本研究で構成方程式として使用したレオノフモデルの特徴について述べ、数値解析のための基礎方程式を示している。

第3章では、有限要素法を用いて数値計算を行うための数値計算スキームについて述べ、有限要素方程式を導いている。また、複雑な流れ場におけるスタートアップ流れの数値計算のモデル化の方法を示している。

第4章では、単純な流れ場として、単純せん断流れ、一軸伸長流れ、平行平板間流れを取り上げ、粘弾性流体のスタートアップ流れの数値解析を行っている。そして、レオノフモデルが、実際の高分子流体の挙動を記述することができることを確認し、モデルの有効性を示している。

第5章では、急縮小流路における粘弾性流体のスタートアップ流れの数値解析を行っている。そして、流路角部に生じる渦の成長現象は、縮小部付近の応力成長を緩やかにする働きをすることを明らかにしている。

第6章では、急拡大流路における粘弾性流体のスタートアップ流れの数値解析を行っている。そして、拡大部入り口直後ではスウェル現象が生じ、この現象は上流側で蓄えられた弾性的エネルギーの解放を行うためのものであり、流れ模様の時間変化は、弾性的エネルギーの解放を促進するためのものであることを示している。

第7章では、急縮小急拡大流路における粘弾性流体のスタートアップ流れの数値解析を行い、変形履歴と非定常流動挙動の関係性を調べている。そして、スリット部における応力緩和が下流側の流れ模様の時間変化に影響を及ぼすことを示している。さらに、スリット部で応力緩和が進まないほど、拡大部における弾性的エネルギーの解放を促進するために、スウェル現象が顕著に現れる流れ模様へと時間的に変化することを明らかにしている。

第8章では、矩形管急縮小流路における高分子水溶液のスタートアップ流れにおける流速応答を、レーザー・ドップラー流速計を用いて測定している。そして、粘弾性流体が速度のオーバーシュート現象などの特異な流動挙動を示

すことを確認している。さらに、実験結果と数値計算結果との比較を行い、両者が定性的に一致することを示している。

第9章では、本研究で得られた結果を総括している。

論文審査の結果の要旨

高分子材料を用いた製品は種々の分野で利用されており、近年、製品の高精度化、プロセスの高速化が進んでいる。それにともない、製品の成形過程において現れる粘弾性流体の非定常流動挙動のメカニズムの解明が重要となっている。

本論文では、粘弾性流体のスタートアップ流れに関する数値解析と実験を行うことにより、粘弾性流体の非定常流動挙動のメカニズムに関して、いくつかの新しい知見を得ている。本論文の成果を要約すると次の通りである。

- (1) 複雑な流れ場におけるスタートアップ流れの数値計算を行うためのモデル化の手法を提案している。
- (2) 応力パワーを用いた解析方法を導入することにより、流体の弾性的性質と非定常流動メカニズムの関係を明らかにしている。
- (3) 粘弾性流体の急縮小流れにおいて現れる渦の成長現象は、縮小部付近の応力の増大を抑制し、その結果、弾性的エネルギーの蓄積を緩やかなものにするを明らかにしている。
- (4) 粘弾性流体の拡大流れにおいてみられるスウェル現象は、上流側で蓄積された弾性的エネルギーを解放するためのものであることを明らかにしている。さらに、流れ模様の時間変化が、この効果を促進するためのものであることを示している。
- (5) 急縮小急拡大流れの解析を行うことによって、中間のスリット部における応力緩和挙動が下流側の流れに影響を及ぼすことを示している。さらに、応力緩和が進まないほど、拡大部において大きなスウェル現象が発生し、それはより多くの弾性的エネルギーを解放するためのものであることを明らかにしている。
- (6) レーザー・ドップラー流速計を用いて、矩形管急縮小流路における高分子水溶液のスタートアップ流れの流速測定を行うことによって、渦の成長現象や流速のオーバーシュート現象の特異な流動挙動を確認している。さらに、数値計算と実験結果との比較を行い、両者が定性的に一致することを示している。

以上のように、本研究では、粘弾性流体の非定常流動の数値計算と実験により、粘弾性流体の非定常流動のメカニズムに関する新しい知見を得ており、本研究で得られた結果は、高分子成形加工の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値の高いものと認める。