



Title	三次元急縮小流路における粘弾性流体の流れ
Author(s)	温, 洪昭
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/41393">https://hdl.handle.net/11094/41393</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	おん 温 こう 洪 しょう 昭
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 7 0 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平成11年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科産業機械工学専攻
学 位 論 文 名	三次元急縮小流路における粘弾性流体の流れ
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

本研究では、可視化実験と数値解析の両面から、急縮小流路における粘弾性流体の三次元流れの特徴、流れ条件、流路形状の変化に伴う流れ構造の変化について、高分子流体の粘弾性的性質と関連づけて研究を行っている。

本論文は8章で構成されている。

第1章では、従来の研究を紹介し、本研究の目的及び役割について述べている。

第2章では、三次元急縮小流路におけるニュートン流体の流れ構造の変化及びそのメカニズムを、可視化実験及び数値解析の両面から考察している。

第3章では、shear-thinning 粘性を殆ど示さない粘弾性流体である Boger 流体の可視化実験の結果を示し、試料流体の粘弾性特性、流れ条件及び流路のアスペクト比などの急縮小流れに対する影響を考察するとともに、粘弾性流体とニュートン流体の流れ構造の相違について考察している。

第4章では、縮小比2.5:1、アスペクト比3:1の急縮小流路における Oldroyd-B 流体の数値解析の手法及びその結果を示し、第3章の可視化実験の結果と比較しながら、粘弾性流体の急縮小流れの流れ構造の変化及びそのメカニズムを理論的な面から考察している。

第5章では、縮小比2.5:1、アスペクト比5:3の急縮小流路における Oldroyd-B 流体の数値解析の結果を示し、第3章の可視化実験の結果と比較しながら、流路のアスペクト比と粘弾性流体の縮小流れの流れ構造の変化との関連を理論的な面から考察している。

第6章では、三次元急縮小流路における0.1wt%、0.2wt%、0.3wt%の3種類の PAA 水溶液の流れの可視化実験の結果を示し、試料流体の shear-thinning 粘性や第一法線応力差などの粘弾性特性、流れ条件及びアスペクト比などが、粘弾性流体の急縮小流れに与える影響について考察している。

第7章では、三次元急縮小流路における White-Metzner 流体の数値解析の結果を示し、第6章の可視化実験の結果と比較しながら、さらに理論的な面から、高分子流体の三次元急縮小流れの特徴及びそのメカニズムを考察している。

第8章では、各章において得られた可視化実験及び数値解析の結果を総括し、結論を述べている。

## 論文審査の結果の要旨

高分子材料の成形加工においては、高度技術化が急速に進んでいる。新しい技術の開発及びその着実な進展を図るために、成形加工の流動変形プロセスに関連する粘弾性流体の流れを理解することが求められている。特に射出成形、押出成形などの成形加工機械に多く使用されている急縮小流路における粘弾性流体の流れに関する研究は盛んに行われている。しかし、現在まで行われてきた粘弾性流体の急縮小流れの研究の殆どは二次元流れに関するものであり、三次元流れに関する研究は極めて少ない。

本論文は、可視化実験と数値解析の両面から、三次元急縮小流れの特徴、流れ条件と流路形状の変化に伴う流れ構造の変化を、高分子流体の粘弾性的性質と関連づけて明らかにしている。本論文の主な成果は以下の通りである。

- (1) 粘弾性流体の急縮小流れにおける渦の成長は、ニュートン流体の場合と全く異なるメカニズムによるものである。粘弾性流体の急縮小流れにおける急激な伸長応力の成長を抑えるために、縮小面の上流部にコーナー渦が発生し、これによって伸長速度の変化を緩やかにし、伸長応力の急激な成長が抑えられることを示している。
- (2) HSMAC法をニュートン流体、粘弾性流体である Oldroyd-B 流体及び White-Metzner 流体の三次元流れ解析に適用して、数値解析の結果が可視化実験の結果と定性的に一致することを示している。さらに、可視化実験の結果と比較しながら、急縮小流れの流れ構造の変化に対する流体の粘弾性特性、流れ条件、流路の形状などの影響及びそのメカニズムを理論的な面から明らかにしている。
- (3) 粘弾性流体の三次元急縮小流れにおいて、流体の弾性数が重要な役割を果たしている。弾性数が大きい場合、流速の増加に伴ってコーナー渦は大きく成長する。これに対し、弾性数が若干小さい場合、流速の小さい領域では、流速の増加に伴いコーナー渦の成長が見られるが、流速が比較的大きい領域では、流速の増加に伴いコーナー渦が逆に小さくなることを示している。
- (4) 三次元急縮小流路を用いた可視化実験により、縮小部の底面の中心部において、いままで観察されなかった縦渦対の流れ構造の存在を明らかにしている。この縦渦の発生は流路のアスペクト比及び試料流体のレオロジー特性に依存していることを示している。
- (5) 数値解析の結果より、急縮小部における粘弾性流体の流速のオーバーシュートはコーナー渦の成長と関連していることを明らかにしている。流速のオーバーシュートはコーナー渦の成長と同じく、伸長速度の急激な変化を抑える役割を演じていることを示している。
- (6) Oldroyd-B 流体とは異なり、White-Metzner 流体の場合において、中央部の凹んだ鞍型の流速分布は縮小部で生じていることを数値解析より明らかにしている。このような流速分布には流体の shear-thinning 粘性が大きく影響していることを示している。

以上のように、本論文は可視化実験及び数値解析により、三次元急縮小流路における粘弾性流体の流れ構造の変化及びそのメカニズムに関して多くの知見を得ている。また、本研究で用いた HSMAC 法は、粘弾性流体の三次元数値解析に有効であることを示しており、粘弾性流体力学、特に粘弾性流体の三次元急縮小流れの解明に対する基礎分野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あるものと認める。