



Title	急縮小流路における高分子溶液の流れ
Author(s)	中, 雄一
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41383
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	中 雄 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 6 1 6 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	急縮小流路における高分子溶液の流れ
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 中村喜代次 (副査) 教 授 辻 裕 教 授 香月 正司

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は粘弾性流体の急縮小流れの中で比較的研究の少ない高流量の流れに関する研究を行うとともに、これまでほとんど研究されてこなかった偏心急縮小流路ならびに急縮小部を複数有する流路内の流れについての研究を行い、その成果をまとめたものである。また急縮小流れの局所的不安定の解明や粘弾性流体における流れの相似則の検証なども行っており、全 7 章より構成されている。

第 1 章は緒言で、急縮小流れにおける従来の研究を紹介し、本研究の目的を述べている。

第 2 章では、本研究で使用した PAA 水溶液の定常せん断特性である粘度および第 1 法線応力差などのレオロジー特性を示している。

第 3 章では軸対称急縮小流路において、縮小比および溶液の濃度を変化させて流れの可視化実験を行い、流れの 3 次元構造、非定常流れ状態における循環 2 次流れの構造などを明らかにしている。縮小比が小さく溶液の濃度が低い場合は、流量増加とともに循環 2 次流れは縮小するが、縮小比が大きい場合は溶液の濃度が低い場合であっても成長することを明らかにしている。このような流れの相違は、粘弾性流体特有の伸長応力の成長を抑制する機構が原因であると提唱している。

第 4 章では局所的不安定の発生過程およびその構造を明らかにしている。局所的不安定はまず断続的、非周期的に発生し、流量を増加させると、それが常時存在するようになることを示している。また、これは循環 2 次流れが局所的に成長と収縮を繰り返す、すなわち微小な局所的 pulsing flow の状態であることを示している。

第 5 章では偏心流路の有効性について検討している。定常流において軸対称流路と偏心流路では循環 2 次流れの内部の流れ構造に大きな違いがあり、偏心流路の場合、循環 2 次流れと主流が完全に閉じた状態ではないことを示している。さらに、第 5 章では軸対称流路に対し大きさの異なる 2 種類の相似な流路を使用し、可視化実験により各流路における流れ模様、循環 2 次流れの大きさ、循環 2 次流れの中心位置について調べ、同一ワイセンベルグ数の流れにおいても、流路の大きさが変われば、循環 2 次流れの大きさやその中心位置も変化することを明らかにしている。

第 6 章では、複数の円孔急縮小部を有する 3 種類の流路を用い、可視化実験および LDV 測定により、定常流から非定常流に至るまでの流れ構造を調べている。定常流の流れ構造、非定常流への遷移、非定常流の流れ構造がそれぞれ、縮小管数、無次元ピッチ、溶液の濃度に依存することを明らかにしている。

第 7 章では各章で得られた研究結果を総括し、結論を述べている。

以上のように、本論文では各種の流路を用いた高分子溶液の急縮小流れについて、可視化実験および LDV 測定を行い、ニュートン流体とは異なる多種多様な流れの現象が発生することを示している。

論文審査の結果の要旨

粘弾性流体の急縮小流れに関する研究は盛んに行われており、その結果様々な粘弾性流体特有の流動現象が明らかにされてきている。しかしながら未解決の問題が多いのも事実である。押し出し成形や紡糸工程などのプラスチック材料の成形においては、成形速度が増大するにつれて、高流量における流れを十分に理解することが求められている。しかしながら現在まで行われてきた研究のほとんどは比較的低流量の流れを取り扱っており、高流量の流れに関する研究報告は少ない。また流路も矩形管や軸対称流路といった簡単なモデルを採用しており、これら以外の流路を取り扱った研究報告はほとんどない。

本論文はこのような未解決な問題を解明するため、軸対称急縮小流路における非定常流、さらにこれまでほとんど取り扱われていなかった軸対称以外の流路における流れの研究を行い、その成果をまとめたものである。本論文の主な成果は以下の通りである。

- (1) 軸対称急縮小流路における流れの可視化実験を行い、流れの3次元構造、非定常流れ状態における循環2次流れの構造などを明らかにしている。溶液の濃度、流路の縮小比を変化させ、これにより流れ構造が2つに大別されることを示している。また、縮小面近傍での流れの観察を行い、これにより従来見逃されていた主流と渦の配置、循環2次流れの3次元構造を明らかにしている。
- (2) 可視化実験により、流れ全体が定常流の領域ですでに局所的不安定が発生していることを示している。さらに、定常流から非定常流遷移まで局所的不安定の流れ構造を調べ、この現象が流れ全体の非定常流遷移への引き金になることを明らかにしている。
- (3) 偏心急縮小流路における流れの可視化実験、LDV 測定を行い、軸対称流路との流れ構造の違いを比較している。偏心流路では定常流においても主流と循環2次流れが完全に閉じた状態でなく、互いに流体の流入、流出があることを明らかにし、この流路の工業上の有効性を提唱している。
- (4) 大きさの異なる相似な流路における流れを観察し、同一ワイセンベルグ数の流れにおいても、流路の大きさが異なれば、循環2次流れの大きさやその中心位置が変化することを示している。
- (5) 複数の円孔急縮小部を有する流路を用い、可視化実験および LDV 測定により、定常流から非定常流に至るまでの流れ構造を明らかにしている。縮小管の個数、縮小管同士の間隔を変化させて実験を行い、定常流の流れ構造、非定常流への遷移、非定常流の流れ構造が縮小管の個数、間隔、溶液の濃度に依存していることを示している。

以上のように、本論文は従来の研究で取り扱われてこなかった高流量、軸対称以外の急縮小流路といった新たな領域に対して、実験により多くの知見を得ている。また軸対称流路における循環2次流れの構造、非定常流遷移への引き金となる局所的不安定、流れの相似則の検証など、従来の研究で見逃されていた事実の発見もしており、粘弾性流体力学、特に急縮小流れの解明に関する新たな分野の開拓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。