OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	粘弾性流体の流れの数値計算に関する研究
Author(s)	藤田, 克志
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3144202
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【 125 】

氏名	藤田克志（ふじた かつし）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 13566 号
学位授与年月日	平成10年2月25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	粘弾性流体の流れの数値計算に関する研究
論文審査委員	（主査） 教授 三宅 裕 （副査） 教授 中村喜代次　教授 辻 裕　教授 稲葉 武彦

論文内容の要旨

本論文は，粘弾性流体の流れに発生する粘弾性流体特有の流れのメカニズムを解明することを目的として行われたものである。粘弾性流体の構成方程式に対する高精度な解法を示したこと，粘弾性流体の流れのメカニズムを解明し得るようなモデルの計算手法を提案したことが，本論文の特徴である。

本論文は，序論から結論までを含めて7章から構成されている。

第1章は，粘弾性流体の構成方程式，および粘弾性流体の特異流れに関する従来の研究をまとめ，本研究の目的と概要についてまとめている。

第2章は，構成方程式の解法の基礎式について述べている。また，構成方程式の移流項にCIP法を適用した方法を提案している。CIP法は，双曲型方程式に対する高精度解法のひとつであり，空間的な分布を三次スプライン関数で近似するところに特徴がある。また，Lax法についても解説している。

第3章では，第2章で提案したCIP法を使って急縮小流れを解いている。工業的な要求から急縮小流れに関する研究は盛んに行われており，本研究では，可視化実験結果と数値計算結果の比較を行っている。流量を増加すると急縮小部上流側で流線が外側に開く粘弾性流体特有の流れとなり，これは可視化実験および数値計算結果ともに同様な傾向を示すことを見いだしている。即ち，再循環領域の発生しない範囲の流れにおいて提案したCIP法による方法は有効な方法であることを明らかにしている。

第4章では，第2章で説明したLax法を使って，後向きステップ流れについて計算を行っている。慣性力，弾性力，非ニュートン粘性の影響を調べ，その結果，ステップ後方に発生する再循環領域はワイセンベルグ数の増加（弾性力の影響が大きくなる）と共に小さくなることを明らかにしている。

第5章は，球・バネマクロモデルによる粘弾性流体の流れに対する数値計算手法について示している。

第6章は，第5章で提案した球・バネマクロモデルによる方法を平行平板間のポアズイユ流れに適用した例を示している。球・バネマクロモデルによるshear-thinning性を示し，これはせん断流れによるモデルの回転とバネの伸縮の相互作用によって生ずることを明らかにしている。

第7章は，本論文の結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

高分子溶液や融液に代表される粘弾性流体の流れは，種々の特有の流れを示すことが知られている。

本論文は，数値解析によって粘弾性流体の流れに発生する粘弾性流体特有の流れのメカニズムを解明したものである。はじめに粘弾性流体の流れを高精度で解くために，これまで研究が進んでいない構成方程式に対する高精度な数値計算法を提案し，これに基づいた数値解析を行っている。次に流れのメカニズムを解明するために，流れの機構に対するモデルを組み立て，数値解析を行っている。得られた成果をまとめると次のようになる。

(1) 構成方程式の解法には，現象が双曲型であることに着目し，CIP 法のような双曲型方程式の解法を適用することを提案し，これが有効であることを明らかにしている。

(2) 提案した CIP 法を用いて工業的な要求から重要な流れ場である急縮小流れを解き，流量を増加すると急縮小部上流側で流線が外側に開く粘弾性流体特有の流れとなることを数値解析によって初めて明らかにしている。また，可視化実験によりこのことを確認している。さらに，流線が外側に開く流れは，流体の伸長速度にともなう伸長粘度に依存することを明らかにしている。

(3) 次に，Lax 法を用いた数値計算も同様に有効であることを明らかにし，これを後向きステップ流れに適用して流れを考察しステップ後方に発生する再循環領域はワイセンベルグ数の増加（弾性力の影響が大きくなる）と共に小さくなることを明らかにしている。

(4) 球・バネマクロモデルを高分子溶液の粘弾性流体特性発現の機構の最適なモデルとして提案し，これを用いた粘弾性流体の流れの数値計算手法を示し，平行平板間のポアズイユ流れに適用している。その結果，球・バネマクロモデルによる流れは shear-thinning 性を示すことを明らかにし，さらに粘弾性流体の特性発現の機構を明らかにしている。

以上のように，本論文は粘弾性流体特有の流れを数値的に解き得ることを示し，流れのメカニズムを解明し得るようなモデルの提案を行っている。前者の構成方程式を解く方法は今後の発展の可能性を含めて工業的に有用であり，後者は流れのメカニズム解明に重要な手がかりを与えている。これらの成果は非ニュートン流体力学，粘弾性流体力学およびレオロジーの発展に寄与するところ大である。よって本論文は博士論文として価値のあるものと認める。