

氏 名	足 立 毅 太 郎 あ だ ち き た ろ う
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 652 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 49 年 1 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Non-Newtonian flows past submerged obstacles (物体を過ぎる非ニュートン流れ)
論文調査委員	(主 査) 教 授 吉 岡 直 哉 教 授 水 科 篤 郎 教 授 玉 田 珖

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は球、円柱、平板などの物体のまわりを流れる非圧縮性非ニュートン粘性流体および粘塑性流体の定常流についての理論的実験的研究をまとめたもので5章よりなっている。

第1章ではまず非ニュートン流体の流れに関して粘弾性を考慮した研究が活潑に展開されている現在において、粘弾性を無視した流体モデルについて行なわれた本研究の意義を明らかにしている。ついで非ニュートン流体の物体のまわりの流れに関して今日までに行なわれた諸研究を、物体の形状、レイノルズ数 (Re 数) の範囲、採用された流体モデル、研究の手法などに関して分類し、著者の研究の占める位置を明らかにしている。

第2章では、本論文で使用する非ニュートン流体のモデル (指数法則モデル、拡張された Williamson モデル、ビンガムモデル) のすべてを包含する“一般化ニュートン流体モデル”について、球および円柱のまわりの流れ関数表示の運動方程式を導き、圧力および抗力係数に関する基礎式を求め、後章における差分数値解法の準備を行っている。ついで非ニュートン粘性流体および粘塑性流体に対して、不連続速度場を含む流れにも適用できる変分原理を導き、これを利用して例えば抗力の評価を与える種々の不等式を導いた。これは後章における解析的近似解に利用される。

第3章では、球、円柱および平板のまわりの指数法則流体および拡張された Williamson モデル流体の流れをとりあつかっている。まず球をすぎる指数法則流体の遅い流れを理論的に解き、これを実験結果と比較した。その結果有限な零せん断粘度をもつ高分子溶液の遅い流れを指数モデルでとりあつかうことは厳密には適当でないことを明らかにした。次に球および円柱をすぎる非ニュートン粘性流体の流れについて、拡張された Williamson モデルにより、第2章で導かれた基礎式を差分化し数値解が求められた。このモデルによれば、ニュートン流と非ニュートン流の差は、低い Re 数において圧力分布に、高い Re 数においては渦度分布にあらわれること、非ニュートン流体はニュートン流体よりも物体近くを多く流れること、非ニュートン流体の剝離流れにおいて剝離点はニュートン流体の場合より上流へ移動し、渦は長大

化すること、一定 Re 数 (Williamson モデルでは零せん断粘度を粘度の代表値として用いた Re 数) においては非ニュートン流体の摩擦抗力はニュートン流体のそれより小であることを示した。

さらに平板をすぎる指数法則流体の中程度 Re 数における流れの問題につき、流れ関数、圧力分布および抗力などを求めた。

第4章では球および円柱をすぎるビンガム流体の遅い流れの問題が第2章で展開された変分原理およびそれから導かれた不等式を使って解かれた。すなわち得られた応力場と速度場から抗力係数がビンガム数と Re 数の関数として与えられ、また粘塑性流体特有の停留域の存在が示された。次に理論的取扱いが困難な、円柱をすぎる粘塑性流体の速い流れの研究を実験的に行ない、円柱壁における静圧および熱伝達係数の局所値の測定から、円柱まわりの渦、停留域、剝離点、速度分布などに関する知見を得た。さらに平板をすぎる粘塑性流体の遅い流れについて、平板に平行な流れでは境界層厚さ、速度分布、抗力に関する公式を導き、また平板に垂直な流れではすべり線解析によって抗力が推定された。また平板の抗力に関する実験を行って上記の所論の妥当性を示した。

第5章では本研究で得られた結論とその意義を総括してのべている。

論文審査の結果の要旨

球、円柱、平板などの基本的な形状の物体のまわりを流れる非ニュートン流体のフローパターンや抗力を解明することは、非ニュートン流れの基礎的問題であるので、すでにかなり多くの研究がなされてきた。しかしながら非ニュートン流体のレオロジー特性が多様であり、それを表現する構成式が多数あり、また物体の形状、流動条件により関与する要因も異なり、未だ十分に体系化されたとは云えない。

本論文は非圧縮性の非ニュートン流体の中で、弾性効果をもたないいわゆる“一般化ニュートン流体”に属するいくつかの流体モデルを対象として、物体のまわりの定常流れを理論的実験的に研究した結果をまとめたものである。

著者はまず関連する既往の研究を物体の形状、レイノルズ数の範囲、流体モデル、研究の手法に関して分類し、その中に占める著者の研究の位置を明らかにしている。

つぎに本論文で使用される非ニュートン流体モデル (指数法則モデル、拡張された Williamson モデル、ビンガムモデル) のすべてを包含する一般化ニュートン流体モデルについて、球および円柱のまわりの流れに関する運動方程式を導き、圧力分布、抗力係数に関する基礎式を求めた。また非ニュートン粘性流体および粘塑性流体に対して、不連続速度場を含む流れ場に関する変分原理を定式化し、これを利用して抗力などの近似値を得るためのいくつかの不等式を導いた。

これらの基礎式を用い、球、円柱、平板のまわりの指数法則流体および拡張された Williamson モデル流体の流れを解析し、広いレイノルズ数範囲に対して、フローパターン、抗力、渦度分布などを求めた。これらの結果をニュートン流体の対応する流れと比較して非ニュートン流体の流れの特徴を明らかにした。

ついで球および円柱をすぎるビンガム流体の遅い流れを、変分原理およびそれから導かれた不等式によって解き、抗力係数を求め、また粘塑性流体特有の停留域の存在を示した。また理論的取扱いの困難な円柱をすぎるビンガム流体の速い流れについては実験的研究を行ない、渦、停留域の形状、剝離点、速度分

布についての知見を得た。

さらに平板に平行なビンガム流体の流れを境界層理論により解析し、境界層厚さ、速度分布、抗力に関する公式を導いた。また平板に垂直な流れによる抗力については、すべり線解析を行ない、実験値との良好な一致を得ている。

以上これを要するに本論文は非ニュートン粘性流体および粘塑性流体の、種々の物体のまわりの流れを、いくつかの流体モデルによって、従来十分に研究されていなかった広いレイノルズ数の範囲において、理論的、実験的に明らかにしたものであって、物体と非ニュートン流体との間の輸送現象の理解に有用な多くの新しい知見を与えるもので、学術上、応用上寄与する所が少くない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。