

氏名	武 暁雲
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第2959号
学位授与の日付	平成17年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科エネルギー転換科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	正方形断面を持つ曲がり管内テイラー・ディーン流れに関する研究
論文審査委員	教授 山本 恭二 教授 柳瀬眞一郎 教授 稲葉 英男

#### 学位論文内容の要旨

正方形断面内の曲がり管を通るテイラー・ディーン流れについて数値解析並びに実験による研究を行い、二次流の変遷を明らかにしている。曲がり管断面の上部、下部と内壁の3面は曲がりの中心軸まわりに一定角速度で回転し、外壁のみ静止している場合を考えている。この流れは、強粘性流体用のポンプとして用いられるネジ溝式ポンプのモデルである。圧力勾配と壁の回転角速度の広い範囲に対し定常な二次流れのパターンを求めた。流れの中の無次元パラメータはディーン数とテイラー数である。

まず、計算においては、流れは完全に発達しているとして、ディーン数を0から800の間で固定し、テイラー数を-400から500の範囲で変化させて解を求めた。二次流れはテイラー数が負、すなわち、回転方向が圧力勾配による流れの方向と逆のときで大きい値のとき、流れのパターンは2渦となる。また、テイラー数が正のときには、二次流れの様子は複雑になり、4渦、6渦、8渦、あるいは断面中心線に対して、非対称な流れのパターンが現れた。そのような二次流のあるものは同じ流れのパラメータで共存し、すなわち、多重解が存在する。多重解に対し、解の安定性を二次元線形安定性解析により調べた。これは、多重解の中で実際にはどのように解が実現するかを確認するために調べたものである。多くの多重解は線形不安定となり、2渦流れのように簡単な流れだけが安定であることが見出された。

次に、可視化に基づく実験を行った。この実験では、テイラー数を-250から300までの値に固定し、ディーン数(あるいはレイノルズ数)を0から200までの範囲で変えることにより、入り口から180度の可視化面をカメラで撮影した。実験と数値計算の流れのパターンの変化はよく一致している結果が得られた。また、計算により線形安定とされたパターンが実験において現れることも分かった。テイラー数とディーン数のパラメータ平面においてどのような二次流パターンが得られるかの流れ概観図を求め、パターンの変化を明らかにしている。更に、流れのパターンと管流量との関係も求めている。

## 論文審査結果の要旨

正方形断面内の曲がり管を通るテイラー・ディーン流れについて数値解析並びに実験による研究を行い、圧力勾配と壁の回転角速度の広い範囲に対し二次流の変遷を明らかにしているものである。この流れは、強粘性流体用のポンプとして用いられるネジ溝式ポンプのモデルである。

まず、計算においては、流れは完全に発達しているとして解を求めている。その結果、壁の回転方向と圧力勾配による流れの方向が逆のときには、二次流れのパターンは2渦となる。また、同方向のときには、二次流れの様子は複雑になり、2渦、4渦、6渦、8渦、あるいは断面中心線に対して、非対称な流れが現れる。そのような二次流のあるものは同じ流れのパラメータで共存し、多重解が存在することを明らかにしている。そして、多重解に対し、解の安定性を線形安定解析により調べ、解の中で実際にはどのような流れが実現するかの可能性を示している。

次に、可視化に基づく実験においては、壁の回転数を固定し、レイノルズ数を変えることにより、曲がり管の入り口から180度の可視化面をカメラで撮影し、二次流の変化を観察している。その結果、二次流パターンにおいては、実験と数値計算においてよく一致したパターンが得られている。また、多重解を含む解の変遷においては、計算により線形安定とされたパターンが実験において主として現れることも示している。テイラー数とディーン数の流れのパラメータ平面において、どのような二次流パターンが得られるかの流れ概観図を求め、パターンの変化を明らかにしている。更に、流れのパラメータやパターンと管流量との関係も求めている。

以上のように、本論文は、正方形断面を持つ曲がり管内テイラー・ディーン流れに対し、工学的に有用な新しい知見を得ており、博士(工学)の学位に値するものと考えられる。