

氏名	加 賀 義 人		
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2826号		
学位授与の日付	平成16年 9月30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	回転流体の漸近的形態としての絶対渦度ゼロ状態と秩序縦渦の役割		
論文審査委員	教授 柳瀬眞一郎	教授 山本恭二	教授 富田栄二

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

回転系における流体には、系の回転軸に垂直な面にコリオリ力を受ける。回転せん断流では、コリオリ力とせん断流との相互作用により、シア・コリオリ不安定性と呼ばれる不安定現象が発生する。このとき流れ場には秩序渦構造が発達することが知られており、この渦の生成のメカニズムを知ることは、物理的な興味のみからだけでなく、実際的な応用面からも重要であると考えられる。回転せん断流の応用としては、地球物理学あるいは気象学には、地球表面を過ぎる流れがあり、工学的には、回転するタービンの羽根の間を過ぎる流れなどが考えられる。本研究では、最も基本的で工学的にも重要な回転せん断流として、回転平面ジェット型流と回転平面ポアズイユ型流の2通りについて、数値計算を用いて研究する。

具体的には、スペクトル法を適用した時間発展方程式を解くことで得られる2次元あるいは3次元的な秩序渦構造をもつ流れについて詳細に観察を行う。過去のいくつかの研究では、回転せん断流中で渦が発達すると、流体の運動による渦度と系の回転による渦度の和（絶対渦度）の平均値がゼロに近づく傾向があることが示されている。そのため、本研究では、回転平板間流の渦構造が発達する仕組みと絶対渦度ゼロ状態との関係に着目して研究を行う。

本研究の結果、回転平面ジェット型流では、渦管による流体の混合が、流れ方向速度の勾配を増加させ平均化することで、絶対渦度をゼロに近づけていることを示し、回転平面ポアズイユ型流では、絶対渦度が正と負の領域を混合させるように渦管が発達し、平均絶対渦度をゼロに近づけることを確かめた。両者の渦の発生メカニズムは大きく異なるが、どちらの場合にも、流れ方向渦の発達による旋回運動が流体を混合が活発に行われることによって、平均絶対渦度をゼロに近づけることを示した。

論文審査結果の要旨

本論文は、回転流体の漸近的形態としての絶対渦度ゼロ状態と秩序縦渦の役割という題目で、特に絶対渦度ゼロ状態と、渦構造との対応に着目した研究である。内容をかいつまんで説明すれば、平板間を流れるチャンネル流において、系全体をスパン方向を軸にして剛体回転させたときの3次元流をスペクトル法による数値計算によって求め、そのデータ解析から結論を導いている。主な結果は、縦渦構造が絶対渦度ゼロ状態を生じさせるということであり、絶対渦度ゼロ状態が実現されている領域と、秩序縦渦が発生している領域は重なっている。論文では、秩序縦渦を持つ解として、2次元定常解、2次元時間振動解、3次元進行波解、さらにカオス解を求めている。次に回転剪断流とそれ以外の流れとの間の相似性を研究している。結果は、回転平面ポアズイユ流型流は、無限平板間の曲がり管内流と強い相似性を持ち、回転平面ジェット型流はベナール対流と相似で、特に2次元では全く同じ基礎式となることが示されている。また、論文では数値解析上の誤差にも注意していて、スパン方向の波数を変化させたとき、計算結果にどのような影響が及ぶかの検討を行っている。結果的には本論文で得られた結論は正しいことが示された。以上のように、本論文は、回転剪断流の研究に新しい結果をもたらす優れた研究であり、博士（工学）に値するものであると考えられる。