

回転円柱周りで発生する非定常流れに関する研究

姜東赫

羽根なしディフューザに生じる旋回失速は、壁面上で発生するはく離により発生することが報告されていた。しかし、辻本他は、羽根なしディフューザ流れに対して2次元非粘性流れの安定解析を行い、2次元非粘性外向き旋回流れにおいて旋回失速、すなわち旋回不安定が発生することを示した。これは、羽根なしディフューザに生じる旋回不安定は、はく離とは関係となくかつ2次元外向き旋回流れに特有な現象であることを意味している。ところが、佐藤他は、入口案内翼列下流の流動特性について実験及び安定解析を行い、2次元非粘性内向き旋回流れにおいて旋回不安定が発生すること、および負の圧力勾配でも旋回不安定が発生することを示した。これは、入口案内翼列下流の流れは、はく離・圧力勾配とは関係なくかつ2次元内向き旋回流れにも生じる現象であることを意味している。そこで、本研究では、流量零の羽無しディフューザ流れを研究対象とすることにした。ただし、羽根から流入と流出が存在すると、羽根車で生じた不安定を原因とした旋回不安定が羽根無しディフューザで生じてしまう。このような、羽根車の影響を取り除きかつ、2円板間流体への旋回を与える羽根車の作用のみを考慮するために、羽根車出口を円柱表面でモデル化した。

実験と3次元有限体積法により一つのクロワッサン渦が回転円柱周りを旋回していることを確認した。これは3次元の流体振動であるが、その発生原因は2次元旋回流の不安定生であると考えられる。そこで、本研究では、渦列の安定解析により平均半径方向流速を持たない回転円柱周りの旋回流の不安定性について調査した。渦列の安定解析により、回転円柱から生成された渦は、回転円柱から離れるにつれて1つの渦群に集合すること、渦群の半径方向位置が大きいほど、旋回速度比が小さくなることを確認した。安定解析と類似な方法である渦法により、安定解析の結果を検証した。渦法により、回転円柱周りに1つのセルが形成され1セルが円柱周りを旋回していることを確認した。以上より、安定解析、渦法、2次元有限体積法により、2次元においても回転円柱周りに1つのセルが形成され旋回していることを確認した。最後に、3次元の旋回流の不安定性が2次元の旋回流の不安定性であることを示すため、3次元有限体積法の軸方向の渦度分布を調査した。3次元渦度分布により、回転円柱周りに時計方向渦度領域と半時計方向渦度領域が見られ、それらが一体となって1つのセルを形成し、1セルが円柱周りを旋回している。また、円柱表面で生成された渦が回転セルに吸収される様子や渦が回転セルから分離され外に流される様子を確認した。