

## 層流剥離泡に存在する低周波振動に関する研究

学生証番号 47146068 氏名 山田 暁  
(指導教員 鈴木 宏二郎 教授)

Key Words : Airfoil, DNS, Flapping motion, Laminar separation bubble, Rib

流れの剥離・再付着現象は後ろ向きstepといった角を持った物体や、翼といった曲率を持った物体まわりの流れ場で起こる現象である。このとき、剥離点と再付着領域の間の領域には、それぞれ死水域と再循環領域をもつ剥離泡が形成され、特に流れが層流剥離し、その後乱流遷移・再付着する流れ場において生じる剥離泡は層流剥離泡と呼ばれる。ここで、それぞれ角を持った物体、曲率を持った物体という異なる形状を持つ両者まわりの流れ場において生じる剥離泡に共通する特徴的な現象として、flapping motionと呼ばれる速度せん断層の主流方向に対して垂直な方向の擬低周波振動[1]が存在する。このflapping motionは、翼まわりの流れにおいては、揚力の急減を引き起こす剥離泡のburst(崩壊)現象と密接に関係していることが実験より分かっている[2]。またこの擬低周波振動は、剥離泡の長さ $L_b$ で表されるStrouhal数(St数)が、0.1 ~ 0.2の間におおよそ存在する[1]ことより、剥離泡内部の流れには普遍的なフィードバック機構が存在することが予測されるものの、まだ十分には解明されていない。更に、翼まわりの流れについては、flapping motionに着目した研究例自体が少ない。したがって本研究では、角・曲率をもった物体の例である、スパン方向に一樣な2次元突起(rib)、および翼まわりの流れにおいて生じる層流剥離泡について乱流の直接数値シミュレーション(DNS)を実施し、速度せん断層のflapping motionと剥離泡内部の流れの構造との関係性を明らかにする。

本研究では、rib、および翼まわりの数値計算を実施したが、ここでは翼まわりの数値計算について記述する。対象とする翼型はNACA0012の2次元翼型とする。代表長さ、代表速度はそれぞれ翼弦長 $c$ 、一樣流入速度 $U_\infty$ とし、今回の計算では、 $Re = U_\infty c / \nu$ で定義されるReynolds数を $Re = 30000$ 、迎角が $\alpha = 0^\circ, 4^\circ, 5^\circ, 6^\circ, 7^\circ, 7.5^\circ$ の合計6ケースについての計算を行った。速度の境界条件は、流入境界に乱れない一樣流入条件、流出境界に対流流出条件、スパン方向には周期境界条件を与える。また、圧力の境界条件としては、流入境界・流出境界に対して、物体より十分遠方の一樣流圧力 $p = 0$ を、スパン方向には周期境界条件を適用する。流体の変数配置は速度と圧力を同一点で定義するregular格子を採用し、空間の離散化は2次精度中心差分によって行う。時間進行法は対流項・粘性項ともに2次精度Adams-Bashforth法を採用する。速度と圧力のカップリングはMAC法によって行い、圧力方程式のソルバーにはSOR法を用いる。

上述した翼まわりの流れに関する数値計算を実施した結果、これまで実験において確認されていた速度せん断層のflapping motionが再現できることを確認した。また、flapping motionでは、剥離泡前半内部の逆流流れにも、擬周期的な時間変動が認められ、この時間変動はflapping motionと強く結びついたのであることが示された。

### 参考文献

- [1] 木谷, 日本機械学会論文集(B編), Vol.55 (1989) 559-564.
- [2] 辰巳, 東京大学大学院 学位論文 (1997).