大迎角を持つ軸対称放物体背後に生じる剥離渦の乱流特性

Turbulence Characteristics of Separated Vortices over an Axisymmetric Paraboloid at High Angles of Attack

○正 石出 忠輝 (木更津高専) 西川 進栄 (千葉大) 正 三神 史彦 (千葉大)

Tadateru ISHIDE, Kisarazu National College of Technology, 2-11-1, Kiyomidai-higashi, Kisarazu-shi, Chiba
Nobuhide NISHIKAWA, Chiba University, 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba
Fumihiko MIKAMI, Chiba University, 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba

Key Words: Smoke Visualization Technique, Hot Wire Anemometry, Vortex Flows, Separated Flows, High Angles of Attack

1. 緒言

二次元流及び三次元流において物体が大迎角をとった時に発生する剥離流は、超音速旅客機や宇宙往還機的设计への適用など、多くの課題があり広く研究がなされてきている¹⁾。本研究では軸対称放物体背後に生じる剥離渦に注目し、スモークワイヤ法及びフォグジェネレータを用いた可視化実験を行い、また各断面において得られた熱線データの相互相関係数を算出する事により、剥離渦の非対称から breakdown に至るまでの詳細なプロセス及び剥離渦内の流体粒子の三次元的な軌跡について知見を得る事を目的としている。

2. 実験装置

本研究において使用した風洞はゲッチンゲン型であり、風洞測定部は開放型、測定部長さ 650mm である。模型はステンレス製で、全長 $L=140\text{mm}$ 、後端直径 75mm の回転放物体であり、模型先端から中心軸方向距離を x とすると、任意の x における模型断面半径 r は $r=\sqrt{10x}$ で表される。

3. 結果と考察

3.1 トレーサを用いた可視化実験 図1は迎角 $\alpha=40^\circ$ 、模型後端直径 $D=75\text{mm}$ を代表長さとするレイノルズ数 $Re=1.8 \times 10^4$ ($U_\infty=3.6\text{m/sec}$) の場合の可視化画像である。この図から模型背後の剥離領域と主流領域との境界線が、後方に向かうにしたがって模型表面から離れていく様子が確認できる。放物体後端 $x/L=1.0$ における境界線の位置を図中 A で示すが、 $z_A/D=0.208$ である。また図中 B はトレーサが物体壁面近傍において上下に変動している様子を示しているが、これは二次渦の渦核の変動を捉えているものと考えられる²⁾。

3.2 熱線流速計を用いた速度計測 本研究では剥離渦どうしの相互関係及び全体的な発達メカニズムを調べるため、熱線計測データ間の相互相関係数 R_{AB} の算出を行った。熱線計測におけるサンプリング周波数は 4kHz、サンプリングデータ数は 8192 である。図2に $\alpha=40^\circ$ 、 $Re=1.8 \times 10^4$ における主渦領域内の測定データを基準点 A とした R_{AB} の分布を示す。 $x/L=0.43$ において A 点自身の R_{AB} 値は 1.0 であり、周方向の近傍点も高い値を持っている。また $\theta=157.5^\circ$ の物体壁面から z 方向上方 $z/R_1=1.14$ (R_1 : $x/L=0.43$ における断面半径) の位置において、 R_{AB} 値の高い点が存在する。この点は著者らが以前に行った可視化実験結果²⁾から外部流領域内にあるものと考えられる。 $x/L=0.79$ になると $\theta=180^\circ$ 、 $z/R_2=0.96$ (R_2 : $x/L=0.79$ における断面半径) の再付着流領域及び $\theta=135^\circ$ 、 $z/R_2=0.60$ の主渦領域内において R_{AB} 値が高くなっている。また $135^\circ < \theta < 157.5^\circ$ における物体壁面近傍で R_{AB} 値の低い領域が形成されてきている。 $x/L=0.86$ では R_{AB} 値の低い領域が $112.5^\circ < \theta < 163.1^\circ$ の範囲に拡大しておりこの領域は著者らが算出した速度変動の r.m.s. 値の高い領域と対応している³⁾。

Fig.1 Visualization pictures by smoke wire method

Fig.2 Two-point velocity correlation contour
($\alpha=40^\circ$, $Re=1.8 \times 10^4$)

また $\theta=168^\circ$ 、 $z/R_3=0.71$ (R_3 : $x/L=0.86$ における断面半径) の再付着流領域において R_{AB} 値が高くなっているが、 $x/L=0.79$ と比較すると物体壁面に近づいている事が確認できる。 $x/L=1.0$ になると R_{AB} 値の低い領域は物体壁面から $z/R_4=0.77$ (R_4 : $x/L=1.0$ における断面半径) まで拡大し、特に一次渦から主渦に至る領域と二次渦領域において R_{AB} 値が低くなっている。この事は一次渦及び二次渦が主渦に吸収される現象³⁾と関連があるものと考えられる。再付着流領域を見ると、 $\theta=180^\circ$ において $z/R_4=0.53, 1.13$ の二箇所が高い値を示している。以上の事から物体後方に向かうにしたがい、主渦外縁と外部流領域において相関値の高い点が存在している事が分かる。

引用文献

- (1) L.E. Ericsson, Challenges in High-Alpha Vehicle Dynamics, Prog. Aerospace Sci., 31(1995), 291-334
- (2) 石出忠輝, 西川進栄, 三神史彦, 日本航空宇宙学会論文集, 48(2000), 27-33
- (3) 石出忠輝, 西川進栄, 三神史彦, 日本航空宇宙学会論文集, 48(2000), 377-384