ステレオ撮影法による三角錐型物体から発生するはく離渦の3次元計測

Three-dimensional measurement by stereoscopic PTV of separation vortices

arisen from trigonal pyramidal object

正 三栖 功 (青学大)

○正 田中秀明 (青学大)

川島貴宏 (川崎重工)

Isao MISU, Aoyama Gakuin University, Chitosedai 6-16-1, Setagayaku, Tokyo

Hideaki TANAKA, Aoyama Gakuin University, Chitosedai 6-16-1, Setagayaku, Tokyo

Takahiro KAWASIMA, Kawasaki Heavy Industry, Yachiyosi, Chiba

Key Words: PTV, Camera Calibration, Trigonal pyramid type vortex generator

1. 緒言

本研究で扱う 3D-PTV(3-Dimensional Particle Tracking Velocimetry)⁽¹⁾ 計測手法は空間的広がりを持つ流れ場に対し、非接触、絶対測定、多点同時計測、速度3成分の同時計測、などが可能であるという優れた特徴を持っている。

筆者らは境界層流および格子乱流について PTV 法により計測し、熱膜流速計による計測結果と比較検討し、十分な精度で計測できることを報告した。⁽²⁾

本研究では文献(2)のカメラ校正方法の不備を修正し測定精度向上をはかり、三角錐型 Vortex generator (以降 VG と略す) 後流の計測をおこない、PTV による3次元計測が立体的な構造を持つ流れ場へも適応可能であることを明らかにした。

2. 3次元 PTV

本研究で用いる3次元 PTV は2台のカメラを用い計測領域をステレオ撮影し、領域内に存在する微小粒子の空間絶対座標を求め、その移動距離を計算する。3次元 PTV は以下の手順に従って流れ場を測定する。

①粒子の撮影と画像の二値化②空間絶対座標の計算③4時刻法による粒子の追跡と速度計算④平均流速、速度変動成分の計算。

3. 実験装置および方法

3-1. 実験水槽

実験に使用した循環式水槽は、上流水槽、下流水槽を設け、その間を全長3mの開水路で連結した。開水路途中に設けた測定部は幅0.2m、高さ0.4m、長さ0.8mで、透明アクリル樹脂製である。測定部の後方には前後に移動出来る校正装置(校正板)を設け、前方には CCD カメラを設置するサブタンクを設けた。また、上流水槽部には粒子投入装置を取り付け、下流水槽で回収した。実験は水槽測定部の幅を代表長さとした $Re=2.6 \times 10^4$ でおこなった。

3-2. 三角錐型 Vortex generator

三角錐型 (VG) の大きさは、高さ10mm、幅50mm、長さ60mmで、斜面が下流に向けた Plow 型を厚さ4.75mmの平板(アルミ製)の前縁から20mmの位置に取り付けた。この位置での境界層厚さは $\delta=1.7\text{mm}$ である。平板の前縁形状はシャープエッジ型で、PTV で用いる laser 光の反射を防ぐため表面全体を黒塗装した。PTV 計測に先立ち、LDV による計測をおこない、渦の観察をおこなうと共に、PTV との比較、検討をおこなった。

4. 実験結果及び考察

Fig. 1 に VG から発生する一対の渦の片側部分の様子を速度の3成分と渦度で表した。後流は中心面 ($y/H=0$) を挟んでほぼ対称な流れ場となっている。VG の前縁から発生した一対の縦渦が流れ方向に進んでいる様子がわかった。また、PTV の有効性を確認するために、LDV で計測した結果との比較をおこなった。X/H=0.5 における平均速度 (u, w) の比較を Fig. 2 に示す。Z 方向の平均流速はよく一致しているが、X 方向の平均流速は渦の中心付近において PTV と LDV に差が現れている。この原因は、渦の中心部に存在する大きな速度勾配により粒子に揚力が生じ、実際の流れ場よりも流速の速い粒子が渦の中心に集まったことによると考えられる。現に渦中心で追跡された粒子数が多くなっている。

Fig.1 Mean velocity at $z/H=0.4$

5. 結言

三次元流れ場の計測について次のことがわかった。

- ・ PTV により三角錐型物体の後流の様子をとらえた。
- ・ LDV との比較においては平均速度の精度は渦の中心部分を除き良く一致し三次元 PTV の有効性が確認できた。
- ・ 主流に対し垂直な方向に大きな速度勾配が存在する流れ場ではトレーサ粒子に発生する揚力によって流れを正確に計測できないことが判明した。

6. 参考文献

- (1) 西野, 笠木, 平田, 佐田「画像処理に基づく流れの三次元計測」機論(B編)55巻510号(1989)p.404~411
- (2) 三栖, 大飼, 田中「画像解析に基づく3次元流れ場計測」機講論 993-1(1999), P191-192