D505 二次元流路における脈動流れの PIV 解析

名和基之、岩永茂、梅景康裕、藤枝博 (松下電器産業(株))

(PIV Analysis of Fluctuating Flow in a Two Dimensional Channel)

Motoyuki Nawa, Shigeru Iwanaga, Yasuhiro Umekage, Hiroshi Fujieda

ABSTRACT

It is one of the problems to measure flow rate with fluctuation. Especially, in case of using flow sensors, flow measurement accuracy is largely affected by flow velocity profile based on fluctuation. This is because flow rate is calculated by using flow coefficient which is used for calculating mean flow velocity. In this paper, we visualized flow velocity profile with fluctuation in a two dimensional channel with and without cavity using PIV system. Thereby, we revealed the conditions in measuring flow rate of fluctuating flow.

Keywords : PIV, Fluctuating flow, Flow velocity profile

1. 緒言

流れに脈動がある場合の流量計測は流体計測分野における課題の一つである。とりわけ、流速センサを用いる場合には、測定流速に補正係数を乗じて平均流速を求め、流量を算出するため、脈動を生じているときの流速分布形状のありようにより、計測精度が左右される。本報では二次元流路を対象とし、平行流路と窪みつき流路において、脈動を印加した時の流速分布を PIV 手法により求めた。また、この結果に基づき、流速センサを用いて流量計測を行う場合の留意事項を明らかにした。

2. 実験装置

Fig. 1 に実験流路を示す。実験流路は、 $8 \times 40 \text{ mm}^2$ の長方形断面を有している。実験流路としては(a)に示す平行流路と(b)に示す $8 \times 8 \text{ mm}^2$ の窪みつき流路の2種類のものを用いた。

Fig. 2 に実験装置を示す。トレーサを入口より流入するため、実験流路への流れは送風機の吸入により生じさせた。脈動は入口側の分岐流路に接続されたポンプにより正弦波状の圧力変動として与えられる。周波数は 11 Hz と 30 Hz で実験を行なった。脈動の印加、停止は

Fig. 1 Test Device

ポンプ接続路に設けた弁により行われる。また、実験流路の下流に配置した弁により、流量の設定が行われる。流量はこの弁の下流にて測定した。

流れの可視化計測は市販の PIV 装置を用いた。光源はダブルパルスの YAG レーザである。この計測装置を用い、 $10 \sim 300 \mu\text{sec}$ の間隔で連続画像の取込みを行った。

脈動流の画像を各位相にわたり連続的に取込むのは困難なため、任意位相でのデータ取込みを行なって、後から時系列的に整理する様にした。この目的で、画像取込みのトリガに対する遅延時間設定回路を作成し、 1 msec 単位での遅延制御ができるようにした。これにより、正弦波状に印加される脈動に対し、所定の位相位置で PIV 計測を行った。

Fig. 2 Test Apparatus

3. 実験

3. 1 平行流路

Fig. 3 は、脈動を印加しない場合の流速分布と、 11 Hz 、および 30 Hz の脈動を印加した場合の流速分布を示したものである。代表データとして、流測値の近いも

のを取上げている。平均流量 (Q) は、いずれも 300 l/h である。

Fig. 3 Flow Velocity Profile

Fig. 4 Flow Velocity Profile at various Phases ($Q = 300 \text{ l/h}$, $f = 30 \text{ Hz}$)

図より、脈動が無い場合は乱流の速度分布に近い形状が得られている。流路壁近傍の境界層域は光の反射等により正確な測定ができていないため、データを割愛している。また、この図から分かるように、脈動がある場合は、無い場合に比べて、流速分布が平坦化傾向を示す。その場合、 30 Hz では 11 Hz よりさらに平坦化されている。

Fig. 4は $Q = 300 \text{ l/h}$ で、周波数 (f) が 30 Hz の場合における異なる位相での流速分布である。流速の値に関わらず、ほぼ平坦な流速分布を示している。また、流速値は圧力変動に応じて正の値から負の値まで変化していることが分かる。

3. 2 窪みつき流路

Fig. 5は窪みつき流路において、流れが無い状態で、 11 Hz の脈動を加えた場合であり、その時の窪み近傍の流速分布を PIV 手法により求めたものである。圧力変動に伴う流れ状態の変化を、図 (a) ~ (f) において、約 90 ms の周期に対しての経過時間と共に示す。これにより窪み部への流入、渦発生、渦消滅、逆流の流入といった様子が観察される。

Fig. 5 Flow Velocity Vectors near Cavity ($Q = 0 \text{ l/h}$, $f = 11 \text{ Hz}$)

4. 結論

2次元流路に脈動を印加した場合のPIV解析により、下記の結論を得た。

- (1) 脈動がある場合、流速分布は平坦化傾向を示し、高い周波数の方がその傾向は強い。
- (2) 周波数が 30 Hz の場合、流速変化にかかわらず、ほぼ平坦な流速分布を示す。
- (3) 窪みつき流路に脈動が印可された場合の窪み部での流れの挙動が明らかになった。

流速センサを用いて、脈動時の瞬時流量を求める場合には、これらの流速分布変化、流れの挙動を考慮して、計測を行なう必要がある。