微小流路内における三次元計測法

米原 紀吉[○](関西大学), 植村 知正(関西大学)Measuring Three Dimensional Velocity Distributions
in a Micro-channel

Noriyoshi YONEHARA and Tomomasa UEMURA

ABSTRACT

A method of three dimensional velocities measurement is applied to flow in micro channel. Method of using stereo camera is ordinarily used as three dimensional PIV method. However the stereo camera method has complicated processes, such as setting camera parameters, matching spatial and time correlation between two corresponding stereo images, calculating the three dimensional velocities. The dimensions of channel for the experiment are 0.17 millimeters width and 0.61 millimeters depth. Water under the room temperature flows vertically in the channel. It is supposed the velocity component perpendicular to main flow is small. In this case, parallel multi images perpendicular to ray of camera as parts of three dimensional flow are useful. Parallel images can obtain by making to change distance from camera to subject. The method in this paper is setting a thin glass between camera and subject. This method is simpler than stereo camera method.

Keywords: 3D Measurement, Micro-channel Flow, PTV,

1. はじめに

筆者らは先に微小流路内の壁の一部に空気泡を置いた場合の水の流れに対して PTV 解析を行い、速度計測結果を報告した¹⁾。しかし、被写界深度の奥行方向の分離が課題となっていた。

流速の三次元 PIV 計測法としては、基本的なステレオ撮影法(3C2D)やシート光スキャンニング法(Σ 3C2D)、ホログラフィ法などが主に列挙²⁾されるが、微小流路に対する方法として本報ではスキャンニング法を取り上げる。ただし従来のような方法では極めて薄いシート光をスキャンしたり、流路容器を微動させたりすることはたいへん困難であるため、被写界深度の浅いレンズを用いた Σ 2C2D法を考えた。

ここで対象としている微小流路は矩形断面をもち、流れが軸方向のみでこれ以外の速度成分は小さい。このような場合、被写体への光学距離を変化させて、合焦点位置を移動させる方法を提案する。

2. 微小流路内の流動計測

2.1 実験装置

Fig.1 に実験装置を示す。光学距離変化用硝子板と

Fig. 1 Experimental setup

して、厚さ 0.16 mm の薄板硝子板を 2 枚、4 枚をそれぞれ重ねたものを交互に光軸上に置いて合焦点距離を変化させた。微小流路は幅 0.17 mm、奥行き 0.61 mm の矩形側面に撮影用の厚さ 0.16 mm の硝子板をつけて常温水を流した。トレーサとして直径 $2\mu\text{m}$ の蛍光粒子を用いる。カメラ光軸に対し横から直角に Ar レーザを照射して、赤色に発色したトレーサを赤色フィルタを通して撮影した。流量はヘッドタンクを上下して調整する。

流路の側面を高解像度ビデオカメラ (1024×1024 pixel, 30 f/s) で撮影する。画像倍率は $0.676\mu\text{m}/\text{pixel}$ である。

(a) Without glass filter

(b) Double glass filters

(c) quadruple glass filter

Fig.2 Effect of focal plane shift by glass filters

Fig.3 Axial velocity distribution

2.2 撮影画像と計測例

薄い硝子板を置いた場合の光学距離変化は2枚重ねが0.11mm, 4枚重ねでは0.21mm. カメラから遠方へ合焦点位置が移動した. 被写体として砥粒を2種類(#100 平均粒径 $120\mu\text{m}$, #46 の $350\mu\text{m}$) 平面に付けて撮影した例を Fig. 2 の (a) (b) (c) 順に示す. 大きい白い砥粒の頂上付近, 小さく黒い砥粒の頂上付近, 底面の順に焦点が合っている. なおレンズの被写界深度は0.05mmである.

上記の方法を用いて, 微小流路内を流れる水を撮影した. 流路幅方向に x (mm), 流路軸方向を y (mm) その流速を V_y (mm/s), カメラ光軸に対して流路内の奥行を z (mm) とする. 取得画像を PTV 解析した結果を Fig. 3 に示した. 横軸に幅方向の位置 x , 縦軸に流速 V_y をプロットしている. トレーサを少なく流速も小さくした例であるが, x 方向に関しては壁付近での V_y が小さく, 中央部付近で大きい.

z 方向に関しては x 中央付近の最大流速部の V_y が手前の (a) から流路の中央部 (c) へ増加する傾向がみられる. しかし, プロット数が少なく z 位置 (b) と (c) の差異はこの実験結果では明確に現れていない. 流れの速度分布と

被写界深度の関係からのプロット点の分布を調べるためにも, トレーサを増やしたり速度を大きくした別の実験条件を行う必要がある.

3. 結 言

カメラ側から見て奥行方向の速度成分が小さい場合, 流れに平行な複数断面での速度分布の計測を行う $\Sigma 2C$ 2D 方式を提案した. カメラと被写体間に薄い硝子板を置くことによって, 容易に合焦点距離が変わることを確認し, 微小流路内の水の流れを撮影し PTV 解析を行った. データ数が少ないが壁付近と流路中央部の差異を示すことができた.

参 考 文 献

- 1) 米原紀吉, 植村知正, 山本恭史, 足立直紀, 川上憲朗: 気液界面を持つ微細流路内の流動計測, 可視化情報, Vol. 21, Suppl. No. 1, (2001) pp. 257-258.
- 2) 佐賀徹雄: 3D-PIV, 可視化情報学会ワークショップ—最新情報: 3次元 PIV—, (1999) pp. 41-62.