40 V T R を用いたトレーサ追跡による 流れ場の計測 — 二次元計測 —

(松下電産) ○渡邊義明、(阪大工) 加賀昭和、井上義雄、山口克人、吉川 瞬

Velocity distribution measurement by particle image tracing
using V T R — two dimensional measurement —

by Yoshiaki WATANABE*, Akikazu KAGA**, Yoshio INOUE**,
Katsuhito YAMAGUCHI** and Akira YOSHIKAWA**

A method to measure two dimensional velocity distribution by analyzing V T R images of visualized flow and examples of its application are presented. In this system, (1) flow is visualized by tracer particles, (2) particle images in consecutive frames are traced and (3) inadequately traced data are eliminated based on the criteria of (a) difference between particle image areas, (b) magnitude of particle acceleration or deceleration and (c) difference of velocity vector from surroundings.

The estimation error of particle image displacement determined by using a turn table was within one pixel in most case.

1. はじめに

可視化流れを定量的に取り扱い、速度計測に利用しようとする試みが多くなされている。¹⁻⁶⁾ 可視化画像から速度を計測する方法は何とおりがあるが、V T Rを用いる場合には、時間的に連続した画像中で同一のトレーサを画像ごとに追跡するトレーサ追跡法が有効であると思われる。本報では、二次元流れ場にこの方法を適用して速度ベクトルを抽出し、連続条件からこれを修正して流線を描くシステムを構成したので、その概要を計測例とともに示す。

2. 二次元計測システムの概要

図1にフローを、図2に計測システムを示す。ここでは、画像処理装置で前処理を施した画像データを大型計算機に転送して、以後の計算を行っている。

Fig.1 Procedure of measurement

* Matsusita Electric Industrial Co. LTD

** Faculty of Engineering, Osaka University, Yamadaoka, Suita, 565, Osaka

2. 1 画像処理

VTRに記録した可視化画像から一定の時間間隔で連続する4画像を選び、これらを 256×256 画素、明度4bitの階調をもつ画像処理装置に入力する。各々背景画像を減算したのち2値化し、それらを明度4bitに振り分けて合成し一画面の画像データとしてフ

Fig.2 System of measurement

ロッピーディスクに書き込み、大型計算機に転送する。大型計算機では、転送された画像を再び4枚に分割して画像上のトレーサ粒子の重心と面積を計算し、さらに、カメラによる内部歪みと撮影時における外部歪みを修正して以後の計算に用いるデータとする。

2. 2 速度ベクトルの抽出

Changら³⁾と同様の考え方により連続4画像 $S_1 \sim S_4$ 上の同一トレーサを追跡する(図

3)。すなわち、 S_1 上のトレーサ T_1 のまわりにとって一次枠 W_1 内で S_2 上のトレーサ T_2 を捜し、 T_1T_2 の延長上にとって二次枠 W_2 内で S_3 上のトレーサ T_3 を、 T_2T_3 の延長上の三次枠 W_3 内で S_4 上の T_4 を捜す。 $T_1 \sim T_4$ が存在するとき、これを同一トレーサとして登録し、速度ベクトルを計算する。

Fig.3 Tracing of particles

Fig.4 Elimination of inadequate data

こうして求めたベクトル(図4)から、あらかじめ定めた基準値との比較により、
(a) トレーサ間で面積変化の大きいもの、
(b) トレーサ間で速度の大きさや方向が急

変するもの、(c)速度ベクトルが周囲と著しく異なるものを除去し、最後に、(d)同一のトレーサを共有するベクトルについて、(b)、(c)の基準を組み合わせた判断基準により不適と思われるものを除去して共有を解消する。

2.3 速度ベクトルの修正

流れ場をメッシュに分割し、格子点上の速度ベクトルを、既に得られているデータから距

Fig.5 Flow field (unit:cm)

離の自乗の逆数の重み付けによって内挿する。次に、これを最小の修正量で連続条件を満足するように変分原理を用いて修正し⁷⁾、積分計算によって流れ関数を求める。

3. 処理例

このシステムを水流に適用した例を示す。流れ場は図5に示す水路中に置かれた一辺1.5 cmの角柱後方の流れで、発泡スチロール粉末を用いた懸濁法により可視化し、水深6.5 cmの断面を計測した。この場合の流れ場と画像との間の縮尺は0.036 cm/pixであった。

図6は定常渦を計測した例で、ここでは9組の画像処理結果を重ね合わせることで938個のベクトルを得ている。図7はカルマン渦を計測した結果で、時間の経過とともに渦が角柱から離れてゆく様子が再現されている。

4. 誤差の検討

このシステムによる速度の計測誤差を、ターンテーブルを用いて検討⁵⁾した。テーブル上に置くマーカの大きさとカメラのテーブルまでの距離を変化させて計測した速度ベクトルを、テーブルの回転数から計測した速度ベクトルと比較した結果、このシステムでは、両者の差(図8)は画像上で得られる流路長さのみによってほぼ定まり、偏角の差は流路長さとともに減少し、誤差ベクトルの絶対値

Fig.6 Stationary vortex

Fig.7 Karman vortex

は流跡長さとともに増加する(図9)が、その値はほぼ一画素以内であることが分かった。

5. おわりに

可視化流れのVTR画像から二次元流れ場を計測するシステムについて、その概要と計測例、誤差検討の結果を示した。本システムは、演算速度の早い計算機の使用を前提に、比較的厳密な計算手順を用いており、現在、アルゴリズムの簡略化によるマイクロコンピュータのみによるシステムへの移行を検討中である。

Fig.8 Comparison between measured and calculated velocity

Fig.9 Magnitude of error vector

参考文献

- 1) Imaichi, Ohmi: Numerical processing of flow-visualization measurement of two dimensional vortex flow, J. Fluid Mech., vol. 128 (1983)
- 2) 小林, 吉武: 流跡写真自動処理システムの開発, 日本機械学会論文集, 51巻466号 (1985)
- 3) Chang et al.: Application of image processing to the analysis of three dimensional flow fields, Optical Engineering, vol. 23, No. 3 (1984)
- 4) 木村ほか: 相関を利用した流れの画像計測, 流れの可視化, vol. 6, No. 22 (1986)
- 5) 山川, 岩重: TVカメラを用いた流速分布の測定, 流れの可視化, vol. 6, No. 20 (1986)
- 6) 山川, 岩重: TVカメラを用いた三次元流速分布測定システムの開発, 流れの可視化, vol. 6, No. 22 (1986)
- 7) 吉川ほか: 客観解析法にもとづく室内気流分布の予測, 空調学会近畿支部学術研究発表会論文集 (1982)