

## II-285

## デローニ分割領域内の発散の評価による PTV の異常ベクトル除去

農水省四国農業試験場 正会員 島崎昌彦 神戸大学工学部 正会員 神田 徹  
 神戸大学工学部 正会員 宮本仁志 愛知県 正会員 岩本孝介

## 1. はじめに

PTV などの手法は、流速の多点同時計測ができる長所があるが、解析条件により、極端に誤差の大きい流速ベクトルを算出することがある。境界形状が複雑で流速が大きい射流内の構造物まわりの流れなど、比較的計測の困難な流れを対象とした工学上の応用を考える場合、ベクトル算出の精度向上だけではなく、現象を捉えるのに必要な精度を保つ異常ベクトルの検出・補正手法の確立が求められる。ここでは、デローニ三角形領域内の流速の発散値を用いた異常ベクトル検出法を検討し、流速ベクトルが既知の標準画像および室内実験による実際の流れの画像へ本手法を適用することにより、その有効性を調べた。

## 2. 異常ベクトル検出手法

デローニ三角形を用いた異常ベクトル除去の手法には Song<sup>1)</sup>らによる方法がある。ここで検討する手法の基本的な手順は、各流速算出点を節点として図 1 に示すデローニ三角形分割を行い、ある節点を囲む三角形の全てにおいて連続条件が満たされないとき、その節点の流速ベクトルを異常とみなすものである。

各領域について、流速の規準化した発散  $d$  が設定した閾値以下のとき、その領域は連続条件を満たしているものとみなす。図 2 の領域内の流速  $u$  の分布を線形近似により次式で表す。

$$u = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y \quad \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 : \text{定数} \quad (1)$$

(1)式より、

$$\partial u / \partial x = \alpha_2 \quad (2)$$

となる。(1)式に各節点での  $u, x, y$  の値を代入して解くと、

$$\alpha_2 = \frac{1}{2\delta} \{u_1(y_2 - y_3) + u_2(y_3 - y_1) + u_3(y_1 - y_2)\} \quad (3)$$

となる。ここに、 $\delta$  は領域の面積で、

$$\delta = \frac{1}{2} \{(x_2 - x_1)(y_3 - y_1) - (x_3 - x_1)(y_2 - y_1)\} \quad (4)$$

である。 $v$  についても同様に計算し、発散値を(5)式により算出する。

$$d = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{1}{2\delta} \{u_1(y_2 - y_3) + u_2(y_3 - y_1) + u_3(y_1 - y_2) \\ + v_1(x_2 - x_3) + v_2(x_3 - x_1) + v_3(x_1 - x_2)\} \quad (5)$$

となる。なお、各節点の  $u, v, x, y$  としては次のように規準化した値を用いる。

$$u = U/\bar{U}, \quad v = V/\bar{V}, \quad x = X/\sqrt{\Delta}, \quad y = Y/\sqrt{\Delta} \quad (6)$$

ここに、 $U, V, X, Y$  : PTV による算出値、 $\bar{U}, \bar{V}$  :  $U, V$  の領域毎の平均、 $\Delta$  : 算出値による領域面積である。

## 3. 標準画像を用いた検討

用いた画像<sup>2)</sup>は 2 次元壁面せん断流れで、粒子数 4000、画像間隔 1/60 のものである。図 4 に、算出ベクトルを示す。流れの概略の様子は捉えられているが、目視でも明らかに誤りと見て取れるベクトルが相当の割合で存在する。

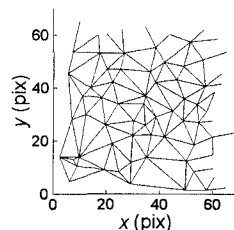


図1 デローニ三角形分割

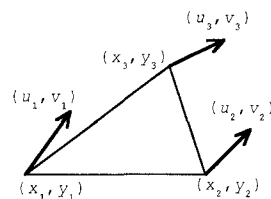


図2 三角形領域と流速ベクトル

キーワード PTV, 異常ベクトル, デローニ三角形分割

連絡先 〒765-0053 香川県善通寺市生野町 2575 phone:0877-63-8120 fax:0877-62-1130

本手法を適用するにあたり、発散の閾値を設定する必要がある。閾値を小さくすると、異常ベクトルを多く検出することができるが、異常ベクトル除去後のベクトル数が少なくなる。また、正常なベクトルを異常と誤判定することが多くなる。

ここでは、閾値を変化させたときの発散の平均値と除去後のベクトル数を指標に閾値を設定した。

図5に、閾値と、除去後ベクトル数および平均発散値のそれぞれ除去前の値に対する比を示す。閾値を小さくすると、除去後ベクトル数はなだらかに減少するのに対し、平均発散値は0.1程度のときに減少率が急激に小さくなっている。これより、閾値を0.1とするのがもっとも効率が低いと考えられる。

閾値を0.1とした除去後のベクトルを図6に示す。目視により異常ベクトルと思われるものはほとんど除去されているが、若干の取り残しが見られる。本手法のアルゴリズムでは、ある条件下において、周囲の平均的な流れとは比較的大きく異なる異常ベクトルを正常とみなすことがあると考えられる。このようなベクトルは、周囲の平均的な流れと大きさと方向を比較する手法を併用することにより、図7のようにほとんど全てを除去することができる。

#### 4. 実際の流れへの適用

図7に示すような射流水路の底部分流付近流れの模型実験による画像に本手法を適用した。図8が異常ベクトル除去前のベクトルである。PTVの手法は標準画像の解析とほぼ同様である。

図9をみると、標準画像の解析に比べやや不明確であるが、閾値が0.04程度で、発散値変化の傾きが大きく変わる点が存在する。

閾値を0.04としてベクトル除去を行った後のベクトルを図10に示す。ベクトル密度の小さいところで、正常と思われるベクトルが除去されているが、発散による除去だけで、ほぼ全ての異常ベクトルが除去できていると考えられる。

#### 5. まとめ

PTVの異常ベクトル除去に、デローニ三角形内の発散を用いる方法が有効であることが確認できた。今後、ある条件下で起こると考えられる誤判定を防止するための検討を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) X Song, F Yamamoto, Y Murai, M Iguchi ; Cross-correlation algorithm for PIV by Delaunay tessellation, Proc. The 2nd International Workshop on PIV '97, p.109, 1997
- 2) 可視化情報学会 PIV 標準化・実用化研究会 ; <http://www.vsj.or.jp/piv/index-j.html>

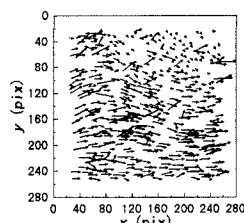


図3 異常ベクトル除去前（標準画像）

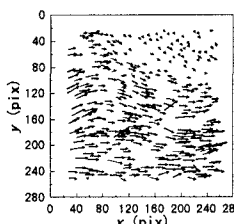


図5 発散による異常ベクトル除去後（標準画像）

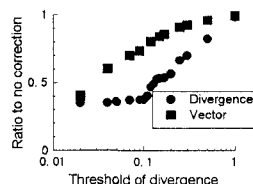


図4 閾値による除去ベクトル数、平均発散値の変化（標準画像）

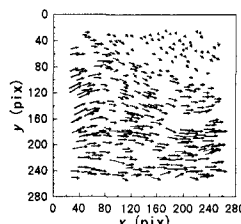


図6 周囲との比較による異常ベクトル除去後（標準画像）



図7 実験水路形状

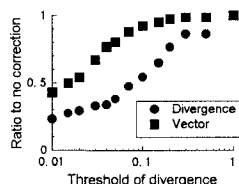


図9 閾値による除去ベクトル数、平均発散値の変化（実験）

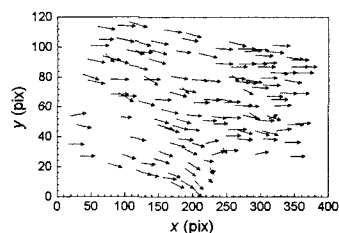


図8 異常ベクトル除去前（実験）

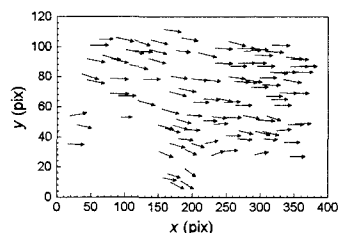


図10 異常ベクトル除去後（実験）