

画像解析システムの改良とトレンチ内流れへの応用

岐阜大学工学部 正 員 藤田一郎
 岐阜大学工学部 正 員 河村三郎
 神戸大学工学部 正 員 神田 徹
 岐阜大学工学部 ○海津利幸

1. まえがき

可視化された流れの二枚の画像の小領域間の濃淡パターンの相互相関係数により速度ベクトルを求める相関法は、画像におけるトレーサ粒子の粗密に関係なく適用でき、また非定常流に対しても有効である。しかし、相関法においては類似した粒子分布パターンが複数現れ、あきらかに異常なベクトルが計算されることがある。そのため異常ベクトルの検出・補正は相関法計算において必要不可欠なものである。その手法の一つとして著者らは以下に述べる方法を提案しているが¹⁾、異常ベクトル検出の基準となる「しきい値」は経験的に決めていた。そこで本研究では、模擬粒子シミュレーションにより異常ベクトルの検出・補正の精度や「しきい値」の決定方法について調べた。さらに、この手法をトレンチ内流れの可視化画像に適用し、その有効性について考察を行った。

2. 異常ベクトルの検出・補正の方法

ベクトルに異常があれば局所的な流れの連続性が破綻するという考え方から着目点を中心とする発散値を複数の方法で計算し、それらを用いて異常ベクトルの検出を行う。

対象とする点Pの周囲の連続性を調べるために、点Pのまわりの点を(N, S, W, E)と(NE, NW, SE, SW)、さらにもう一回り外側の点(NN, SS, WW, EE)の三組に分け、図1に示すように、それぞれに対して4通りの領域を考える。それぞれの領域に対しては前進差分と後退差分を使い分け発散の絶対値(D1~D8)、(D11~D44)を計算する。即ち、

$$D_1 = | (U_E - U_P) / \Delta x + (V_N - V_P) / \Delta y |$$

D2~D4、D11~D44はこれと同様に求める。また、

$$D_5 = | ((U_{NE} - U_P) \Delta y - (U_{NW} - U_P) \Delta y + (V_{NW} - V_P) \Delta x + (V_{NE} - V_P) \Delta x) / (\Delta \xi \Delta \eta J) |$$

ここに、 $\Delta \xi = P \cdot NE$ 、 $\Delta \eta = P \cdot NW$ 等であり、Jは変換ヤコビアンで次式で与えられる。

$$J = 2\Delta x \Delta y / (\Delta \xi \Delta \eta)$$

D6~D8はこれと同様に求める。異常ベクトルの検出には以下の条件を用いる。

- 1) 相隣り合う発散値(D1&D2, ..., D4&D1)の少なくとも一組が同時にしきい値より小さい。
- 2) 相隣り合う発散値(D5&D6, ..., D8&D5)の少なくとも一組が同時にしきい値より小さい。
- 3) 一回り外側の発散値(D11, D22, D33, D44)の最大値がしきい値より小さい。以上の三

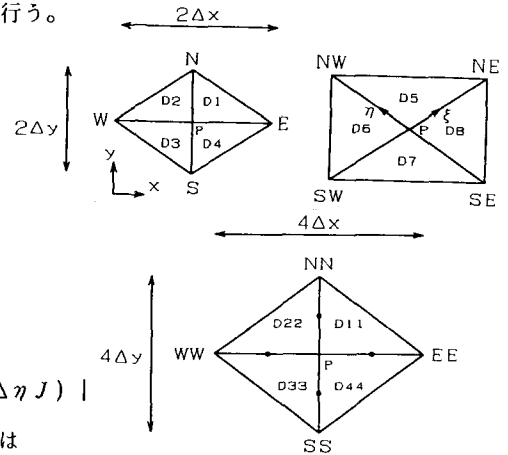


図1 領域 (D1~D44) の設定

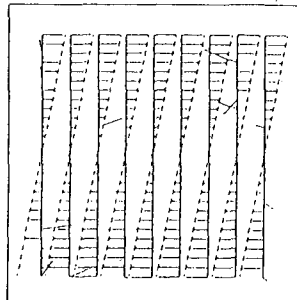


図2-a オリジナルベクトル
せん断変形量=0.2

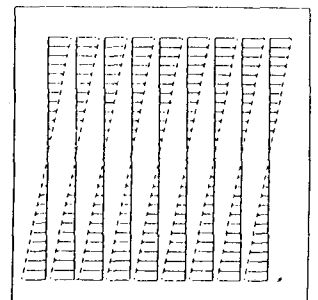


図2-b 修正後のベクトル

つの条件の少なくとも二つを満たすものを正常ベクトルとしそれ以外を異常ベクトルとみなす。これにより検出された異常ベクトルは、その周囲の正常ベクトルを用い、距離の2乗に反比例する重み付けにより補間によって求めたベクトルで置き換える。

3. 異常ベクトル検出・補正の結果と考察

コンピュータにより模擬粒子画像を生成し、これに一樣なせん断変形を与え、相関法により移動量を計算したオリジナルベクトルを図2-aに示す。明らかに異常とわかるベクトルがいくつか発生していることがわかる。本手法では異常ベクトルの検出は、しきい値(SDIV)に依存しているが、各計算点での発散値総和(SUMDIV)との関係は、この例では図3のようになる。しきい値が大きいと異常ベクトルがまだ残っているためSUMDIVは大きい。ある程度しきい値を小さくしていくと、異常値はほぼ除去されSUMDIVの変化が小さくなる部分が現れる。従って、この部分におけるSDIV値を用いれば良好に異常ベクトルが除去できるものと考えられる。これに基づき SDIV=0.08として異常ベクトルを補正したのが図2-bである。このとき与えた流れからのズレの平均は1PIXEL以内であり、かなりの精度で補正されていることがわかった。以上のように本手法の有効性がある程度確かめられたので、以下ではトレンチ内流れに対する適用結果について述べる。

4. トレンチ内流れへの応用

実験水路として長さ4.28m、幅0.14m、勾配0.0014、水路中央部に流下方向に長さ0.2m、深さ0.02mのトレンチ(凹部)を設けたアクリル樹脂製循環式開水路を用い、流れの可視化はトレーサとして比重が約1.02、平均粒径0.2mmのナイロン粒子を流水中に投入し、ビームエクspanderでスリット状にしたアルゴンレーザ光を、水路上部から鉛直下向きに照射して行った。この可視化画像に相関法を適用した流速ベクトルの補正前後の流速ベクトルを図4-a, bに示す。しきい値は図5によりSDIV=0.5とした。

主流と凹部間のせん断層内にいくつかの渦が発生しており、これの影響により主流と凹部の境界面が波状を呈していることがわかる。このようになり複雑な流れにおいても相関法を用いた画像解析により精度良く二次元計測ができることがわかった。

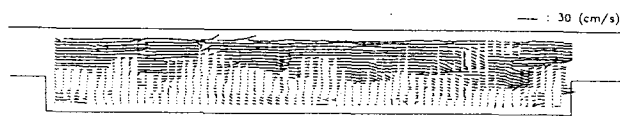


図4-a トレンチ内流れのオリジナルベクトル

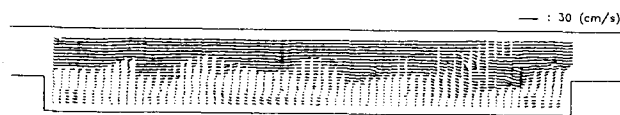


図4-b トレンチ内流れの修正後のベクトル

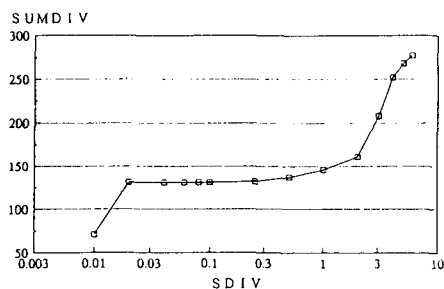


図3 しきい値SDIVの影響

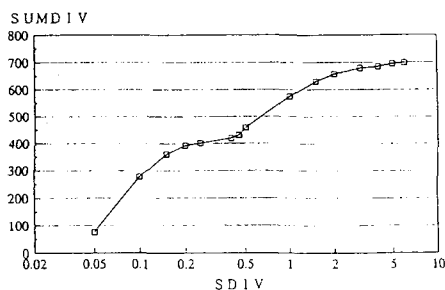


図5 しきい値SDIVの影響(トレンチ内流れ)

5. あとがき

相関法における異常ベクトルの検出・補正の手法を確立し、かなり複雑な流れに対する相関法の有効性も明らかになった。今後は、三次元流れのシミュレーションを行い、三次元流れにおける相関法の精度、異常ベクトルの検出・補正の精度について検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 藤田一郎・河村三郎：相関法における異常ベクトルの検出と流速補正の新技术法，可視化情報，Vol.12 Suppl, No1, 1992.