

PIV 計測における異常ベクトル除去法 (CEC) の開水路凹部流れへの適用性

神戸大学大学院 学生員 大江 和正 農林水産省四国農業試験場 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
神戸大学都市安全研究センター 正会員 藤田 一郎

1. はじめに

一般に PIV 計測において良好な結果を得るためには、良質の画像を得ることが重要とされる。しかし、形状が複雑な構造物周りなど工学的な応用を考えると、比較的低質な画像においても十分な精度を保つ必要がある。本報では、異常ベクトルの除去性能が比較的良好な Correlation Error Correction (CEC)¹⁾法の開水路凹部流れへの適用性について検討を行い、PIV 計測の精度向上を試みた。

2. CEC の概要

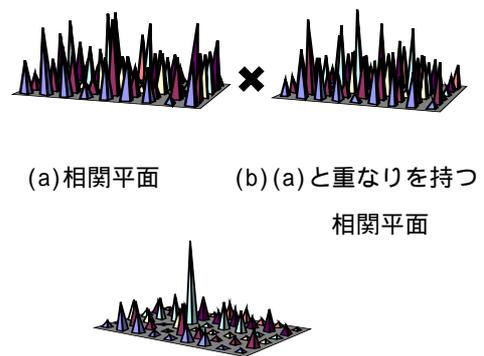
CEC は、従来の PIV (濃淡画像相関法)における流速値を算出するための相関係数マトリックス (相関平面)を複数枚用いることによって誤相関を減少させ、異常ベクトルの発生を抑制する手法である。具体的には、参照フレームが互いに重なり合った複数の相関平面 (図-1(a),(b))を掛け合わせる。それぞれの相関平面の同じ位置に相関係数のピークがある場合のみ相関係数のピークは強調され、他の小さな相関値はこの段階で除去される。

しかしながら、本研究で対象としている開水路凹部流れへの適用に際しては、用いる相関平面の数および重ね合わせの割合、参照フレームサイズ、粒子密度など、流れの特性が関係する項目について検討すべき点が残されている。

3. 精度の検討

まず、流速場が既知の PIV 標準画像 (可視化情報学会ホームページより取得) に対して従来の PIV (NPIV) と CEC とを適用し、算出された流速ベクトルについて精度の比較・検討を行った。用いた標準画像は 2 次元壁面せん断流に対応するものであり、画像サイズ 256×256pixel、粒子個数 3000~30000 個、画像の時間間隔 8.3ms、レーザーシート厚 3.0mm、平均粒子径 5.0pixel である。

図-2 に、NPIV と CEC において、流速値を算出するために用いる相関平面の枚数と総誤差 pixel 数の関係を示す。これより、多くの相関平面を使用し、周囲の情報を流速ベクトルに反映させるほど異常ベクトルの数は減少することがわかる。ただし、使用する相関平面の数が増加するほど PIV 計算の負荷が増加することとなる。以後の議論においては、誤差が最小である 5 枚の相関平面によって算出した結果について検討を加える。



(a)相関平面 (b)(a)と重なりを持つ相関平面

(a)と(b)を掛け合わせた相関平面

図-1 相関平面の掛け合わせ

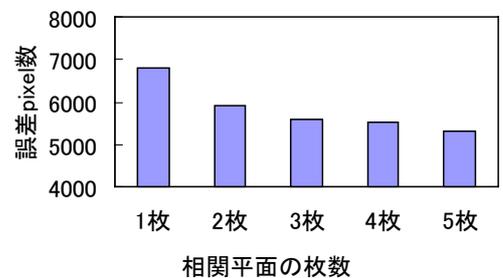


図-2 相関平面の枚数と誤差

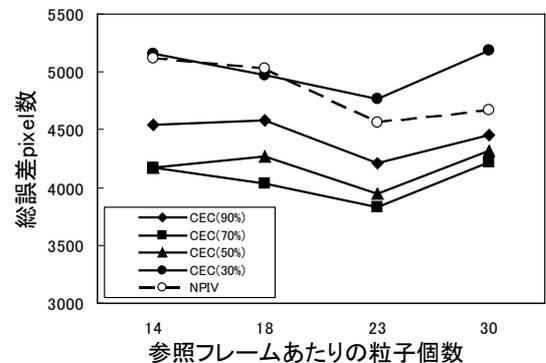


図-3 相関平面の重複の割合と総誤差 pixel 数の関係

キーワード：開水路，凹部，PIV，CEC，異常ベクトル

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL 078-881-1212 FAX 078-803-6069

図-3はCECで掛け合わす相関平面の重複の割合と総誤差 pixel 数の関係である。この流れ場では、相関平面がおよそ 70%程度重なった状態が効果的であることがわかる。

次に、1 画像 (256pixel × 256pixel) あたりの粒子数と総誤差 pixel 数の関係を図-4 に示す。CEC (参照フレーム 10pixel) によって、NPIV (参照フレーム 10pixel) の結果から総誤差 pixel 数が 2 割程度減少している。また、NPIV では 1 画像あたりの粒子数が減少すると、参照フレームを 20pixel に増加させなければ総誤差 pixel 数を低い値で維持できない。しかし、CEC を適用することにより、1 画像あたり 5×10^3 個までは参照フレームを 10pixel に設定しても NPIV (参照フレーム 20pixel) よりも低い総誤差 pixel 数を維持することがわかる。

図-5 に、いずれも 10pixel の参照フレームで算出した、NPIV と CEC による各流速ベクトルの誤差 pixel 数を示す。NPIV の結果で発生している 20pixel (平均で真値の約 9%) 以上の誤差は、CEC により大部分除去することができる。

4. 開水路凹部での解析

以上の検討を踏まえ、開水路凹部流れに CEC を適用した。図-6 に、NPIV による算出ベクトル、異常ベクトルの算出点に対応する CEC と NPIV の相関平面、それぞれの相関平面によって算出された瞬間流速ベクトルを示す。図-6(b1)の相関平面で明確ではなかった相関値のピークが CEC によって強調され、NPIV で発生した異常ベクトルを抑制することができている。しかし、図-7 に示すように、NPIV の瞬間ベクトルで異常値の発生頻度が高くなる流速せん断の大きい部分に対しては、CEC においても十分良好な結果を得ることができなかった。

5. まとめ

CEC によって PIV 解析の精度を向上することができたが、流速せん断の大きい流れ場に対しては、まだ十分な精度流速ベクトルが得られておらず、今後の課題である。

<参考文献>

1) Douglas P. Hart : PIV ERROR CORRECTION, 粒子画像流速測定法研究会 () 報告書, pp.30 ~ 36, 1998.

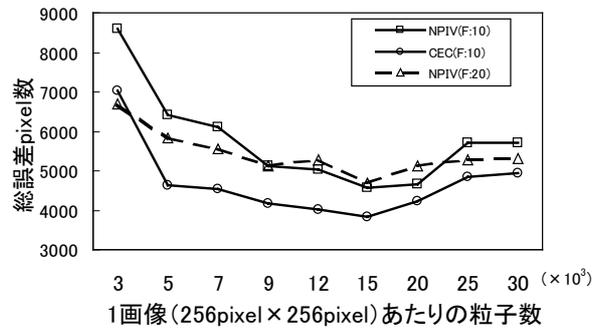


図-4 1 画像 (256 × 256) あたりの粒子数と総誤差 pixel 数の関係

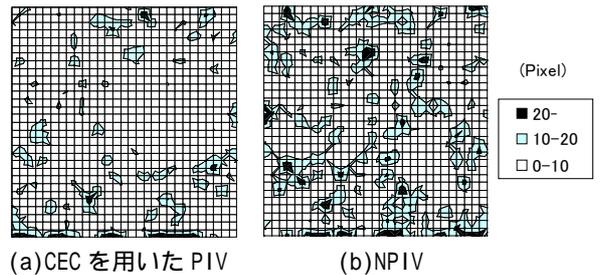


図-5 誤差 pixel 数の分布

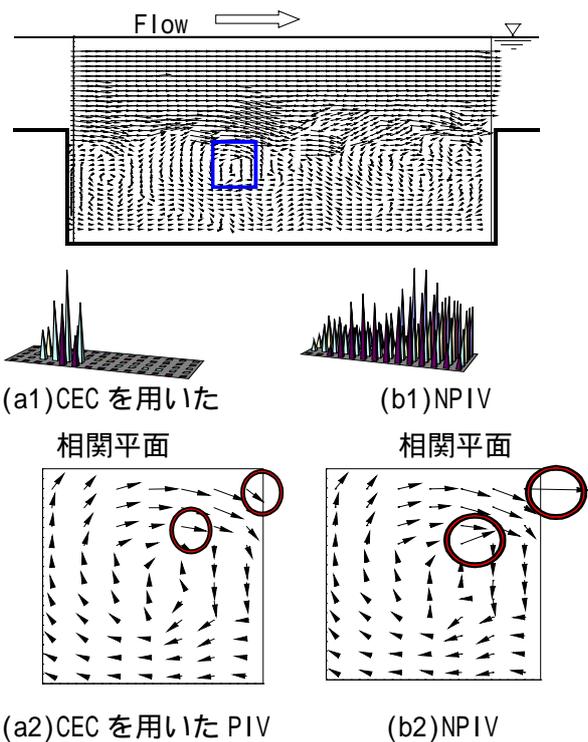


図-6 開水路凹部流れの流速ベクトルと相関平面

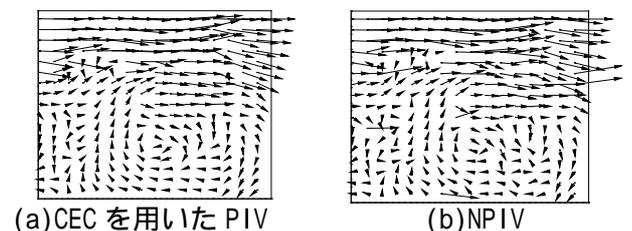


図-7 開水路凹部混合層の流速ベクトル