B216 濃度相関法PIVにおける画像の前処理について

Effect of Filter Pre-processing on Cross Correlation PIV Methods

Kazuo OHMI, Wang Ming Chun

Osaka Sangyo University, Department of Information Systems Engineering
Nakagaito, Daito-shi, Osaka 574-8530, Japan

Abstract

In the practical use of the PIV systems, the original particle images are often pre-processed by noise filters and/or gray scale transforms in order to improve the image quality and reduce spurious vectors in the resultant PIV measurement. But it is possible that other types of differential filters or image operators are useful in some PIV images and are worth to be considered for trial. The present paper examines therefore the feasibility of differential filters and other operators for the use of pre-processing of the cross correlation PIV. Four types of particle images are employed for this examination and comparison is made between three differential filters and two image operators.

Keywords: Particle image velocimetry, Cross-correlation method, Mask filter, Image enhancement

1 緒 論

濃度相関法 PIV の性能を高め、いわゆる過誤ベクトルの発生を減少させることを目的として、粒子画像をフィルタにより前処理することがよく行われる。このような前処理の大半は、ノイズ除去やコントラスト強調等の画質改善処理であるが、粒子画像の性質によっては、微分形のフィルタを使用して特徴点の強調処理を行うことにより、濃度相関法 PIV の性能を改善することも考えられる。本論文では、このような強調処理形フィルタの使用を中心として、PIV における原画像の前処理の影響を検討する。

2 微分形フィルタについて

本研究で前処理用使用する微分形フィルタは、Roberts, Sobel の 1 次微分形フィルタ、Prewitt のテンプレート型微分フィルタ、そして 2 次微分形のラプラシアンフィルタ (x-y 2 方向型) の 4 種類である^①。そして最初の 3 種類の微分形フィルタについては、単純勾配型かテンプレート型かの別なく、単に Roberts, Sobel, Prewitt のフィルタと呼ぶことにする。その他の前処理として、画像中での特徴的な孤立点 (具体的には線図形の端部や多角形の角部、ピーク性の強い輝点等) を抽出するための簡易なアルゴリズムとして知られている Moravec の演算子^②を改良して使用した。この演算子では、粒子画像のエッジをすべて強調するのでなく、特徴点のみを浮き立たせ、それに原画像を重ねることによって、個々の粒子画像に適度なめりはりを与えることが可能である。

3. PIV 標準画像への適用結果

PIV 標準画像^③については、画像中の粒子の空間的分布や輝度分布等が理想的状態に保たれているため、濃度相関法 PIV による速度計測では、相関マスクの移動範囲さえ正しく設定すれば、画像の前処理等に関係なく、平均して良好な精度での速度計測が可能である。しかしその中で強いて言えば、適度ないし少な目の粒子密度における画像において、Roberts, Sobel, Prewitt 等の輪郭強

Fig.1 PIV standard image #01

Fig.2 Sobel filtered image

Fig.3 Moravec operator filtered image

調型フィルタでの前処理は、幾分ではあるが過誤のベクトルを減少させる効果をもつと考えられる。

4. 実験による粒子画像への適用結果

輪郭強調型フィルタでの前処理の効果が最も大きいのは、PIVベンチマークテスト⁽⁴⁾の画像である。すなわち粒子の分布密度が比較的小さく輝度のダイナミックレンジが狭い画像では、これらのフィルタによる輪郭の抽出効果が、粒子像に深い陰影を与えると同時に、画像全体のコントラストも大幅に改善され、濃度相関法PIVによる計測では過誤のベクトルが大きく減少している。

これに対して筆者らによる円柱後流の可視化画像⁽⁵⁾では、PTV用の粒子トレーサを用いた可視化の場合、輪郭強調型の中でも Roberts フィルタでの前処理が、過誤のベクトルの減少に多少の効果があると認められた。Roberts フィルタでの輪郭強調は、その他のものより輪郭部の幅が少し小さく、輪郭強調での粒子像の過度の重なりが少ないためと考えられる。また、染料による可視化画像の場合に効果的であるのは、ラプラシアンフィルタであり、輪郭の控えめな強調効果が染料の濃淡パターンに集約される時空間の情報をほとんど損なわない点がポイントであると考えられる。

画像中の特徴点抽出に威力のある Moravec 演算子は、濃度相関法PIVの前処理として、全体的にあまり有効でないと認識された。今後考慮すべき点は、抽出した特徴点に対応する画素の輝度値をいかに操作するであり、今回のように抽出点をすべて最大輝度にするのでは、ノイズを際立たせる効果によるマイナス要因が優勢となる可能性が高い。大なり小なり前処理の効果を認めたのは Roberts のフィルタである。特に、PIV標準画像以外の一般の流体粒子画像で、過誤ベクトルの減少に役立つ局面が多いと認められた。ただし、染料トレーサによる可視化の画像でのみ、Roberts フィルタの効果はむしろ精度の低下であり、ラプラシアンフィルタでの前処理が有効であると思われる。しかし粒子トレーサの画像に対する Roberts フィルタの効果に比べると、ここでのラプラシアンフィルタの効果は目立たぬ程度のものであった。

Fig.7 PIV result from PIV benchmark test image

Fig.8 PIV result from Prewitt filtered image

謝辞

この研究の一部は、大阪産業大学産業研究所の分野別研究により資金援助を受けた。

参考文献

- (1) 尾上守夫(編), 画像処理ハンドブック, 昭晃堂 (1987).
- (2) Moravec, H.P, Towards automatic visual obstacle avoidance, Proc. 5th Int. Joint Conf. Artificial Intelligence, 584 (1977).
- (3) 岡本・小林・佐賀・西尾, PIV標準画像の構築, 可視化情報 17-Suppl.No.1, 167 (1997)
- (4) 速水・岡本・荒巻, PIVベンチマークテストの試み, 可視化情報 17-Suppl.No.1, 163 (1997)
- (5) 近江, 相関法PIVにおける流れ可視化手法の検討, 可視化情報 16-Suppl.No.1, 219 (1996)