

流跡線画像解析の新手法とその精度について

岐阜大学工学部 正員 藤田 一郎
日産自動車(株) 平工 良三
岐阜大学工学部 ○遠松 篤

1. はじめに

流れ場の二次元、三次元計測手法として画像解析を取り入れたPIVあるいはPTVといった方法が近年採用されるようになってきている。一方、河川などの自由水面を有する開水路流れでは断面が急変する場所で水面が大きく変化するが、その流れは高速流れであることが多いため、通常のVHS等のビデオ画像を用いた場合には、十分な精度が得られていないのが現状である。これは、通常の方法では画像間隔が高々1/60秒程度であるため、トレーサ粒子や粒子群パターンが画像間で大きく移動・変形して十分なマッチングができないのが原因である。そこで本研究では、平工の提案した一枚の流跡線画像から流速分布を得る手法¹⁾に着目し、流跡線画像のシミュレーションによって、精度に関する検討を行った。

2. 画像解析の新手法について

流跡線画像の大きな特徴は一目で瞬間的な流れの状況を定性的に把握できる点にある。しかしながら、粒子群の密度が高い場合には流跡が重なり合うことが多くなるため、従来の流跡線解析では定量的なデータを引き出すのは容易ではなかった。これに対し、平工の手法はテンプレート内の平均的な流跡の方向と長さを流跡の重なりとは無関係に定量化できる点が優れている。本計測手法の基本概念は、流跡線画像においてテンプレート中の輝度勾配ベクトル場 $g(x, y)$ に着目する点にある。流跡線の傾きはこのベクトル場を $g(z) = r \cdot \exp(i\theta)$ のように複素表示し、さらに θ のみを2倍した複素関数を導入することによって求められる。流跡線の長さはテンプレート中の平均輝度勾配の絶対値 r_a と、各点の輝度勾配の絶対値のテンプレート内での単純和 $\sum r$ とを利用して求めることができる。ここでは、この手法をPSV (Particle Streakline Velocimetry)と呼ぶことにする。

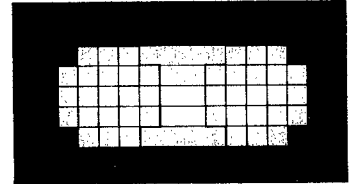


図-1 直径Dの粒子による流跡

3. 流跡線画像のシミュレーション

流跡線画像を以下のように作成した。図-1に示すように直径Dの粒子を画像内にランダムに配置し、それを与えられた流れに沿って微少ステップずつ移動させるとともにその移動中の輝度を保持させることによって流跡線画像が得られる。本研究では直径Dを3, 4, 5画素とし、400x400画素の画像内に $N = 300 - 1800$ 個の粒子を配置することで粒子密度を変化させた。D = 4画素、 $N = 1500$ 個として作成した一様流に対する画像例を図-2に示す。ここでは、一様流速 $U = 1.0$ に対する流跡長さが5画素となるように画像生成をした。

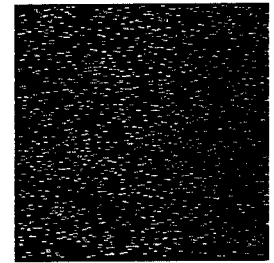


図-2 一様流の画像例

4. 考察

図-2の画像に対する結果を図-3に示す。これより、一様流が良好にとらえられていることがわかる。さらに詳しく精度を検討するために粒子直径、粒子密度を変化させてシミュレーションを行って得られた平均流速および標準偏差の分布を図-4、5に示す。ただし、ここではテンプレートは50x50画素で一定としている。平均流に関しては各ケースとも非常に良好な結果を示しているが、標準偏差で比較すると粒子密度

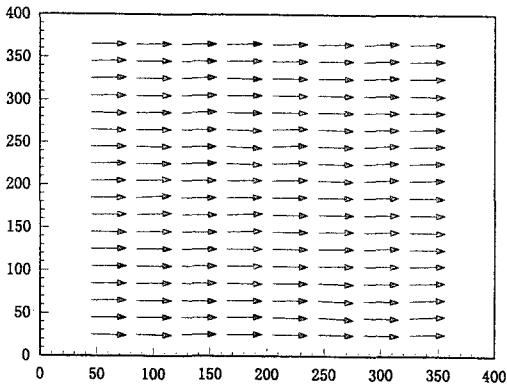


図-3 図-2の結果

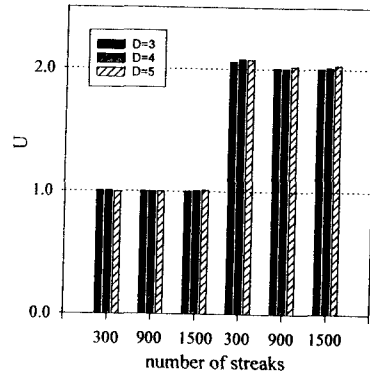


図-4 平均流速の分布

が高いほど好結果が得られることがわかる。これは、テンプレート内に完全には含まれない流跡に起因する誤差要因が、流跡密度の増大とともに減少するためと考えられる。自由せん断流れに対する画像と結果をそれぞれ図-6、図-7に示す。流速の大きな部分においては若干与えた流れとのずれが見られるが、速度勾配急変部においても良好に平均流をとらえることができています。

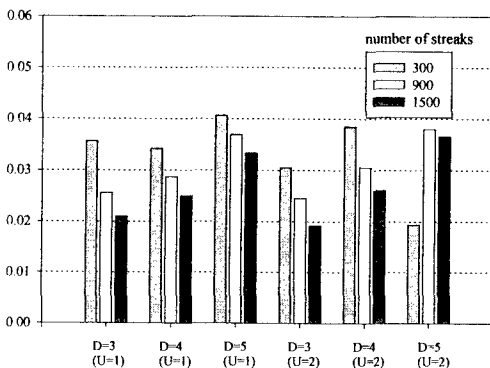


図-5 標準偏差の分布

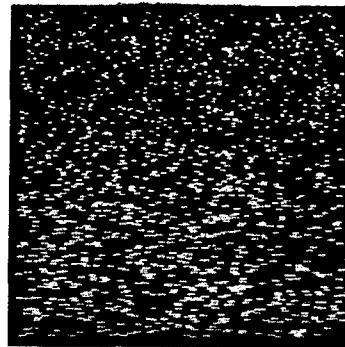


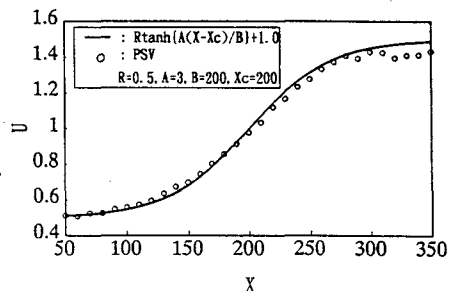
図-6 自由せん断流れの画像

5. 結論

一般のCCDカメラでは1/60-1/10000秒程度の間で段階的にシャッター速度を変えることができる。したがって、従来のPIVでは困難であったかなりの高速流に対しても、瞬間的な流れ場の流跡線のある程度の長さにとどめておけば、本手法によって平均流れ場の解析を精度よく行えることがわかった。今後は、実際の流れ場に適用するとともに、境界面における取り扱いについて検討を行う必要がある。

参考文献

1) 平工良三・鈴木敏夫：トレーサ画像による流れ計測の一手法(第2報)、関西造船協会誌、第214号, pp. 59-64, 1990.

図-7 図-6による
解析結果の平均値