

相関法の精度に関する研究

岐阜大学工学部 正員 河村 三郎
 岐阜大学工業短期大学部 正員 藤田 一郎
 岐阜大学工学部 学生員 ○近 藤 雅 信

1. はじめに

画像計測手法のひとつである相関法は、画像処理された流れの可視化画像を用いてコンピュータにより流速を計測するものである。本研究では、この手法の精度を検定するために、一様せん断流に対応する粒子画像を計算機により発生させ、与えられた流速分布が本手法によってどの程度推定できるかを調べた。

2. 相関法

相関法は2枚の画像における小領域（参照フレーム）毎の濃度分布を相互相関によって比較し、その小領域の平均的移動距離から流速ベクトルを得る画像計測手法である。相関法ではデジタル画像を取り扱うので基本的には1画素単位の移動量しか捉えられないが、本研究では精度の向上のために、画素と画素の中間の微小な移動量を2通りの方法で推定した。即ち、画素中心間の濃度を二次元の線形補間によって求め、擬似的に1画素の大きさを細分化して、微小な移動量を推定する方法（方法A）と、画素単位の計算で相互相関係数の分布を求め、最大相関を与えた点の周囲の相関分布にあてはめた三次元曲面が極大値を示す位置から、微小移動量を推定する方法（方法B）である。ただしこのような微小移動量を既知量として実験によって正確に実現

することは非常に困難なので、本研究では、任意に与えた流速分布に正確に追従するような粒子画像を模擬発生させ、2つの推定方法の精度の検定を行った。模擬発生させた画像を模式的に示したのが図-1である。

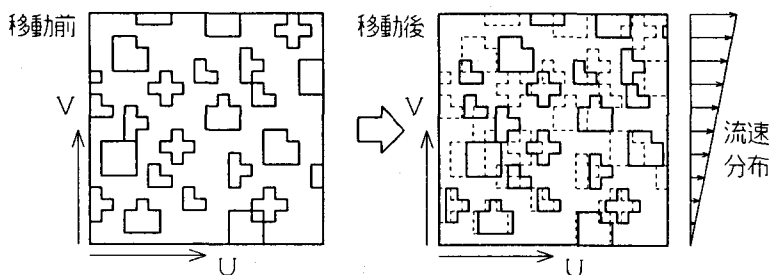


図-1 模擬発生粒子画像（一様せん断流）の概要

3. 粒子画像の生成

本研究では大型計算機（FACOM 760）に付属の画像処理装置（FIVIS）を用いた。この装置は1画素256階調の濃度分解能を有し、縦横1024画素の画像を一度に処理できる。但し、1画素以下の微小な粒子移動量をもつ粒子画像を生成するために次のような手順を用いた。

- ①まず、背景を最も濃度値の低い黒色で塗りつぶす。
- ②一つの画素が 9×9 のさらに微小な要素から構成されていると考え、その各要素にランダムな濃度値を与える。
- ③その画素を3個から9個まで組み合わせて7種類の粒子パターンをつくり、それらを平均間隔が3画素の粒子密度になるように、ランダムに背景に配置する。
- ④配置された粒子パターンが、ある与えられた流れに乗って移動したものと考え移動後の新たな画像を生成する。但し、粒子の移動は要素単位で行う。
- ⑤要素単位で構成されている各画像を縦横9要素毎にその濃度を平均化し、画素単位の画像を求める。

以上のようにして得られた粒子画像には、要素単位の微小

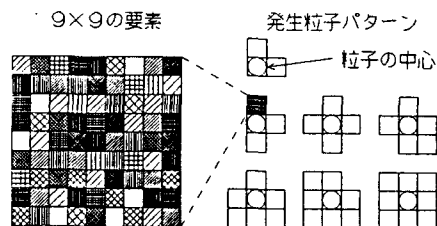


図-2 粒子画像の生成の説明図

な移動量が反映されていると考えられる。粒子パターンの移動に際しては、パターンそのものが流速勾配に応じて変形する場合と変形しない場合を考えた。流速分布には、図-1に示したような横断方向に一律な流速勾配をもつ一様せん断流を用いた。流速勾配としては横断方向9に対し、流下方向に1、2、3の移動に対応する3通りの勾配を与えた。また、参照フレームサイズを縦横3画素から15画素まで変化させてその影響も調べた。

4. 結果と考察

相関法の精度は、相関法によって得られた流速ベクトルを $\vec{U}_{obs}$ 、既知量として与えた値を $\vec{U}_{given}$ 、としたとき、両者の差の絶対値を1画素移動量に相当する速度 ΔU で無次元化した値

$$U_r = |\vec{U}_{obs} - \vec{U}_{given}| / \Delta U \quad \dots (1)$$

によって検討した。図-3には粒子変形の無い場合の結果を示す。棒グラフの下の部分では $U_r = 0 \sim 0.1$ 、上は $U_r = 0.1 \sim 0.2$ となるベクトルの発生頻度を全ベクトル数で無次元化してそれぞれ示している。従って、精度が良いほど両者の合計が全ベクトル数に相当する1.0に近づくことになる。

これより、全体的には方法Aの方が方法Bに比べて精度が良いことがわかる。参照フレームサイズによる違いは、V成分についてはあまり認められないが、U成分には明確に現れている。特に方法Aの場合には、速度勾配が増大するにつれて最適な参照フレームサイズが11、7、5と小さくなっている。この傾向は方法Bにも見られる。これは、参照フレーム内の横断方向の流速勾配が増大した場合、流れの横断方向に参照フレームサイズを大きくとるほど、参照フレーム内部の流速のずれが大きくなり、結果として相互相関が低くなって本来の移動地点が推定できなくなるためと思われる。具体的には参照フレーム内での画素の移動量の差が、およそ1.3~2.3画素より大きくなると、どのケースにおいても精度が落ち始めている。しかし、逆に参照フレームが小さすぎると類似したパターンが増大するために、異常なベクトルが数多く出現してくるので注意を要する。

以上より、参照フレームのサイズは流下方向に沿う粒子移動量の差が2画素程度となるように設定すればよいものと考えられる。

5. おわりに

今後は、粒子密度の影響や波状の流速分布等に対する相関法の適用性について検討を行う予定である。

6. 参考文献

藤田一郎・河村三郎：合流部剥離泡の非定常特性に関する検討、第18回流れの可視化シンポジウム講演論文集、PP.45-48 (1990)。

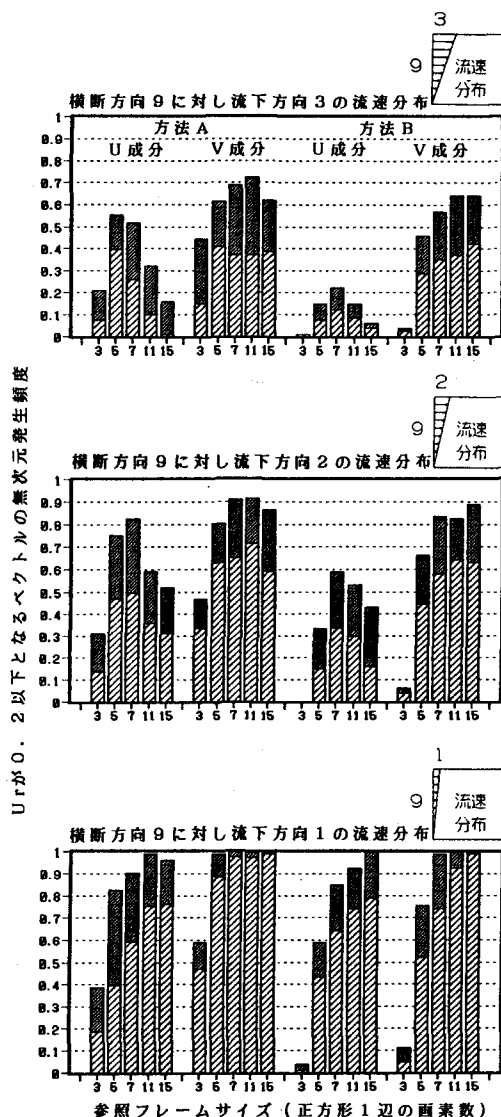


図-3 各流速分布に対する精度の比較