

二層流せん断不安定現象の画像計測

東洋信託銀行 正員 中西孝吉

神戸大学工学部 正員 道奥康治

1. まえがき：熱対流のように平均流がなくかつ温度変動をともなう乱流場や水質混合過程のように非定常性・空間的不均一性をともなう流れ場に対しては定点計測は適さず、可視計測が有効である。本研究は二画面間の相関に基づく画像解析法を用いて二成層加速せん断流におけるKelvin-Helmholtz型不安定波の流速計測を行い、その適用性について検討したものである。

2. 本研究で用いた画像解析手法¹⁾：TVカメラから画像入出力装置に入力された画像は、二次元の座標位置と濃度を持つ要素（画素）から構成されるデジタル画像となっている。短い時間を隔てた2枚のデジタル画像（図-1）を用いて、速度場の画像解析を行なう。図-1のように背景が0、トレーサー粒子が1に二値化されているものとする。図-1の画像A上の点Pにおける流速は以下のようにして求める。①画像A上の点Pを中心とする $n \times n$ 画素の微小領域(a)を切り出す。②(a)の領域と同じ大きさの微小領域を画像B上の任意の位置から切り出し、濃度分布に関して領域(a)との相互相関が最大の領域(b)を探す具体的にはP点より渦巻状に領域中心を移動させることによって相関最大領域(b)が選出される。③(b)の領域の中央の点をQとすると、画像B上の点Pに対応する位置を(0,0)とした時のPとQを結ぶ線分が求める流速ベクトルに対応する。

3. 実験方法：本研究では図-2に示すような8cm×8cmの矩形断面を有する長さ200cmの可傾水路内に塩淡水二成層を作成し、ある角度で傾斜させることによって発生するK-H不安定波の流速場を計測対象とした。トレーサーとしては各々の層の密度に調整されたポリスチレンビーズを用いている。

4. 画像データの特徴：解析を行なった画像はVTRの再生画像であるため必ずしも望ましい濃度分布曲線が得られていなかった。図-3は横軸に画素の濃度値を、縦軸は対応する濃度における画素の度数をとっている。

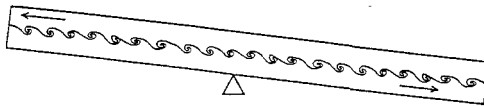


図-2 使用した水路

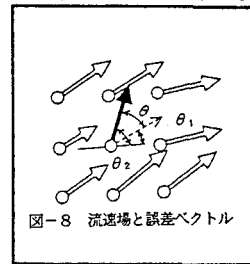
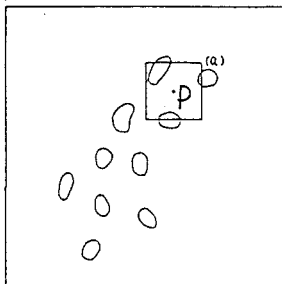
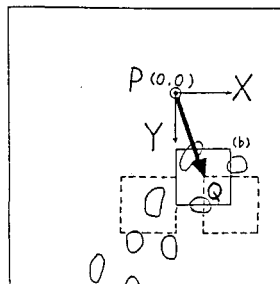


図-8 流速場と誤差ベクトル



画像A ($t=t_0$)



画像B ($t=t_0 + \tau$)

図-1 対象とする画像

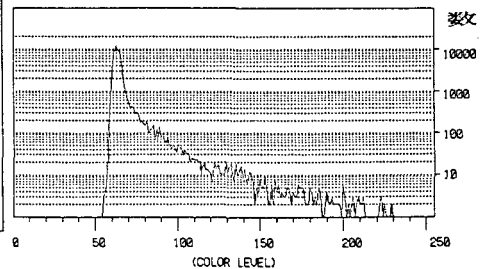


図-3 画像の濃度分布

5. 二値化のしきい値の影響：流速ベクトルを計算する前処理過程において、二値化処理におけるしきい値が流速ベクトル分布に与える影響を考える。図-5 (a)は図-4で示される2枚の画像から計算された流速ベクトル分布である（二値化のしきい値=70）。さらに二値化のしきい値を68、74にしたものについて、図-5 (b)・(c)に示す。これよりしきい値のわずかな変化が流速ベクトル分布におよぼす影響がわかる。本研究では70を二値化しきい値の最適値とした。

6. 誤差ベクトルの消去法：図-6に示される画像を対象にして流速ベクトル分布の中に含まれる誤差について考える。生の解析結果が図-7である。ここでは、図-8に示すように格子点の周辺8画素におけるベクトル偏角の平均値 θ_1 と対象となるベクトル偏角 θ_2 との差 $\theta = \theta_1 - \theta_2$ を一つの指標として誤差ベクトルの消去を試みた。図-9は $\theta = 60^\circ$ として処理した後のベクトル場である。

7. あとがき：今回対象とした流れ場はトレーサの分布状況が必ずしも良好であったとは言えず、二値化のしきい値の影響が大きくあらわれたのはこの点にも起因しているものと考えられる。また誤差ベクトルの処理については、様々な流れに対して適用可能な、より普遍的修正基準を設ける必要があろう。

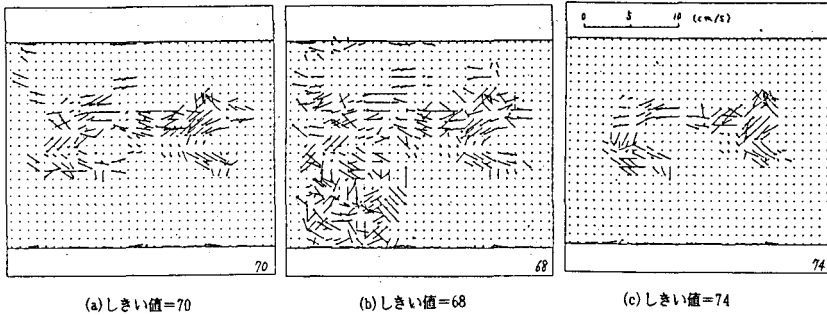


図-5 二値化のしきい値による流速ベクトル分布

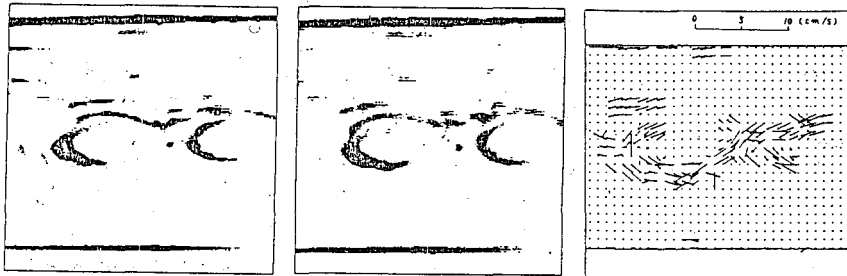


図-4 対象とした画像

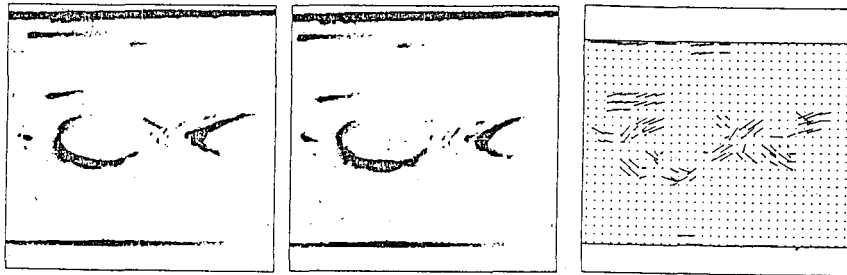


図-6 対象とした画像

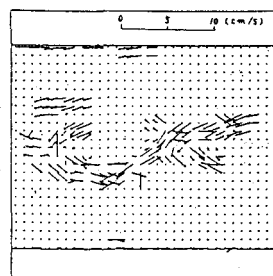


図-7 生の流れ場

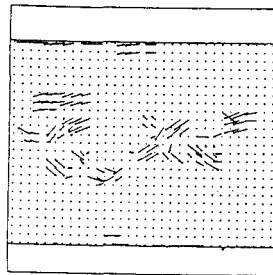


図-9 修正後の流れ場

参考文献 1) Yano Motoaki, 'Simultaneous Measurement of Velocity and Density', Flow Visualization