

画像処理による渦構造の検討

西日本工業大学 正員 ○赤司 信義

西日本工業大学 正員 石川 誠

山口大学工学部 正員 齊藤 隆

1. はじめに ー ー ー 流れの可視化画像を解析して、流れ場を把握しようとする手法は、この数年急速に開発されてきた。現在行われている流れの代表的な画像処理としては、トレーサ粒子によって可視化された微小時間差の複数枚の瞬時画像を用いて、粒子の追跡処理が挙げられる。また、発達した乱流噴流の縦渦構造を検討するため、時間的に連続した断面可視化像を用いて縦渦の立体表示を行った研究も報告されている。

本研究は、二次元自由噴流の噴出孔近傍の渦構造の可視化画像の画像処理を行って、三次元的な渦構造を検討したものである。

2. 画像処理手法 ー ー ー ー ビデオ画像は駒送りによってPC98パソコンに取り込まれた。取り込み画像をPC98のグラフィックVRAMで利用しやすいように、RGBデータ(256階調)に変換して、RGBの内Gデータだけをフロッピーに保存した。画像1枚当たりの取り込み画素数は $110 \times 180 = 19800$ (実寸は、7.8 cm x 12.8 cm) で、1画素1バイト、画像1枚当たり 19.8 Kbyte で、フロッピー1枚当たり 60 画面の取り込みを行った。取り込み画像数は 512 枚で、取り込み時間間隔を 1/60 sec とした。

3. 処理対象画像 ー ー ー ー 図1～3は、二次元噴流の噴出孔近傍の渦構造を可視化した画像である。実験条件は、ノズル幅 $b_0 = 1$ cm、噴出速度 $u_0 = 15$ cm/sec で、縦断面視、横断面視、立体視による撮影が行われた。図1は横断面視による画像を示し(横断面視の位置はノズルから 4 cm の位置)、図2は縦断面視による画像を示している。また、図3は、ノズルより蛍光染料が噴出されている状態を撮影したもので、立体視と呼ぶ画像を示している。図1、2中の暗い部分は、ノズルからの噴出水がまだ周囲水と完全に混ざっていない事を示している。図2は、これまでもよく知られている画像で、二次元的な横渦が発生・発達・崩壊するのようには見受けられる。しかし、図1からも明らかなように、二次元的な現れるのはほんの一瞬(噴出速度を大きくするとほとんど見えなくなる)で、噴流と周囲水との界面には縦渦によると思われるリブ構造が横断方向にいくつも形成され、三次元化を促進している事が分かる。なお、

4. 画像処理結果 ー ー ー ー 図4は、1枚の画像の上辺(110 x 180の画素の配列の110 x 1のデータ)の階調数の分布を示したものである。階調数 0 は真っ黒で、階調数 255 は一番明るい状態を示す。可視化画像は、水槽中に蛍光染料を一様に混和し、2次元ノズルより水道水を噴出させた状態を撮影したものであるから、階調数が低いとそれは、ノズルからの供給を意味し、階調数が高いと噴流の周囲水を意味している。

図5は、図4の階調数分布を少しずつずらして前方右斜め上から見おろしたような画像に変換して、重ね合わせて示したものである。ハート状のパターンは、図2に見られる横渦の通過を示唆しているように見受けられる。この図からハート状のパターンの発生周波数を読み取ると、およそ 3 Hz である。しかし、図

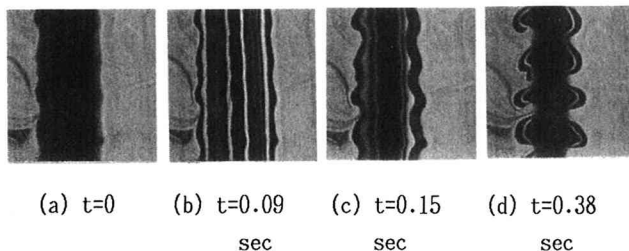


図1 横断面視

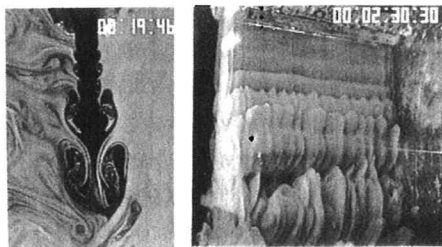


図2 縦断面視

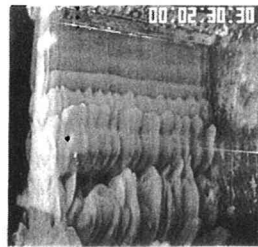


図3 立体視

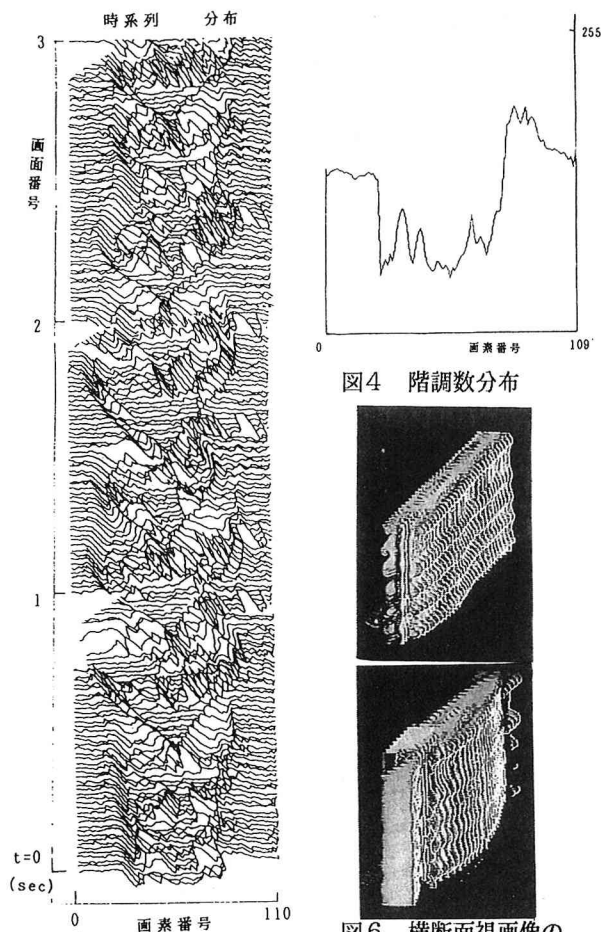


図5 階調数分布の重ね合わせ

図4 階調数分布

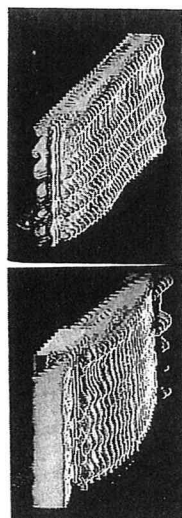


図6 横断面視画像の重ね合わせ

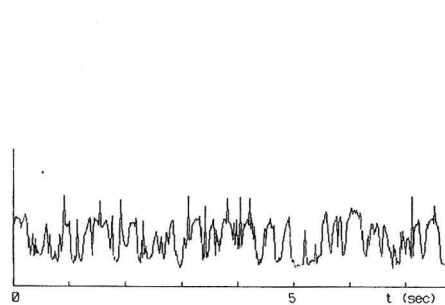


図7 階調数の時系列

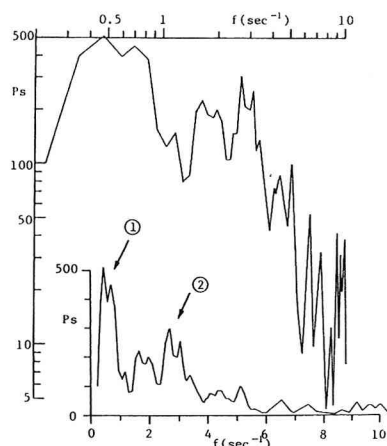


図8 スペクトル

2の縦断面視によるビデオ画像をスロー再生し、横渦の発生周波数を読み取ると、6～7 Hzであった。

図6は横断面視による各時間毎の画像の位置を少しずつずらして30枚の画像(0.5 sec間)を重ねたものである。図中の白いウェーブ状の線は噴出水と周囲水との界面を示していて、図1の画像の右側から濃度1.08を下回る位置を界面として検出したものである。この図から、図3に見られるようなリブ状の筋が認められる。このリブ状の周波数を512枚の重ね合わせ画像から読み取ると、2～3 Hzであった。

図7は、横断面視画像の180行110画素の内、1行目の80画素の階調数を1/60 sec毎に512個読み出して、時間軸に対して示したものである。図8は、この時系列データを、FFT法によってスペクトル解析した結果を示したものである。卓越周波数は0.5～0.7 Hzと2～3 Hzに認められる。横渦の発生周波数は6～7 Hzであったが、この図を見るとそのパワーは小さいことになる。卓越周波数が2～3 Hzというのは、図6に示したリブ構造によるものではないかと思われる。しかし、卓越周波数が0.5～0.7 Hzに寄与する大きな構造が何かは今の所明らかではないが、ビデオ観察によると図1のaのパターンの発生周波数と対応しているように思える。

5. おわりに ———— 階調数分布や横断面視画像の重ね合わせを行うと共にある位置での階調数の時間的変化を調べた。今後検討範囲を広げると共に平均速度分布との対応も検討して行きたい。