

可視化手法による乱流構造の一検討

日本大学大学院 学生員 ○中塚 卓朗
 日本大学工学部 正 員 長林 久夫
 日本大学工学部 正 員 木村 喜代治

1: はじめに

可視化実験によって得られた画像を計算機によって処理し、定量化して乱流の構造を把握しようという研究が最近多くなってきている。本報告もトレーサ法によって得られた可視化写真をデジタイザーで数値化して計算機処理することにより、瞬間における乱流構造の検討を行おうというものである。

2: 実験方法

図-1 に示すような幅 $B=9.97\text{cm}$ 長さ 15m の循環式アクリル製の長方形開水路を使用し、上部に可動の滑車を設け、そこにカメラあるいはフラットライトを取付け、縦、横断面の任意面に対する断層撮影を行った。

トレーサとしてアルミニウム粉を使用し、中性洗剤で分散させて水路内に投入した。

使用したカメラを、絞り $f=3.5$ 、シャッタースピード $S=1/8$ にセットし、ASA 感度 1600 のフィルムを用いて撮影した。

また、スリット光源の厚さを 6mm とした。

実験は水路底面に平均直径 5mm の半球を一樣に敷いた水路で行った。

水理量は表-1 の通りである。

3: 解析方法

実験によって得られた写真撮影結果のうち、以下のような6枚を取り出して解析し、その結果を検討する。

解析した写真は、水深 5cm 測定位置底面から 2cm , 3cm , 4cm の3枚の水平断面写真と時間をずらして撮った最大流速位置付近底面から 4cm の3枚の水平断面写真である。

ここで、 x 座標は主流方向、 z 座標は横断方向にとられており、速度ベクトルの x , z 成分はそれぞれ u , w によって表されている。

これらの各範囲を、水路両側壁面 ($Z=0\sim10\text{cm}$) に挟まれた主流方向 15cm の任意の領域に限定し、その範囲で写真に写しこまれたトレーサの軌跡をデジタイザーで数値化する。

以後の計算を容易に行うため、ランダムに配置されている流速ベクトルを基にして 10mm 間隔の格子点における流速ベクトルを内・外挿計算によって求めた。また、各断面における速度ベクトルの x および z 方向成分の分布は、その値を基に求めた。

さらに、この図を用いてレイノルズ応力の分布を求めた。レイノルズ応力 $-u'w'$ を求めるために、主流方向 (x 成分) の速度ベクトルは各ベクトルからその断面の平均流下方向流速を差し引いた値で示した。また、水平方向 (z 成分) の速度ベクトルは、図に向かって上向きを正、下向きを負として表した。

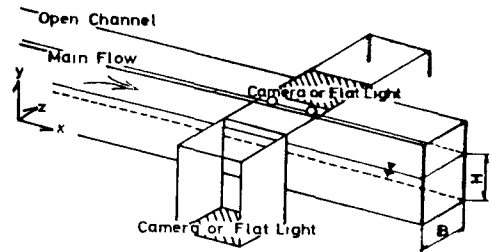


図-1 実験装置

H	B	Q	U _m	T
(cm)	(cm)	(m ³ /s)	(cm/s)	(°C)
5.00	9.97	1192	24.0	11.2

l	ν	R	Re	Fr
		(cm)	U _m ·R/ν	U _m ·√R/g
0.00171	0.01040	2.50	0.5745E4	0.466

表-1 水理量

4: 結果および検討

図-2の(a)は測定位置底面から2cm(b)は3cm(c)は4cmの速度分布図であり、各図とも左がx成分、右がz成分の速度分布図を示している。また、x成分の速度分布図の上にレイノルズ応力の大きい部分の分布をスクリーンで重ねて示している。

図-3は時間をずらして撮影した測定位置底面から4cmのx成分の速度分布図で、図2と同様にレイノルズ応力の分布を重ねて示している。

レイノルズ応力分布のうち

 は $-uw$ が正の値、つまりx成分流速が遅くてz成分流速が水路中央を向いている場合(ejections)を表し、 は $-uw$ が負の値、つまりx成分流速が遅くてz成分流速が水路壁面を向いている場合(interaction)を表している。また、ここではx成分の流速が遅い場合にのみ注目してレイノルズ応力分布図を示している。

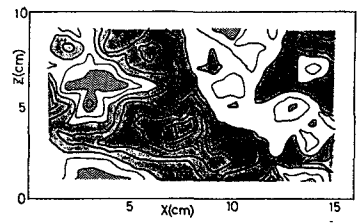
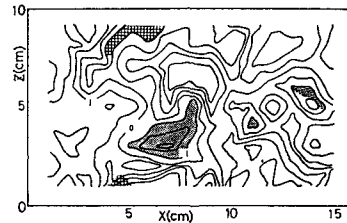
図-2の(a)(b)(c)より、水面にいくほど側壁効果による $-uw$ が正のレイノルズ応力が顕著になることがわかり、底面付近においては、遅い流体が壁面にくるinteractionを示すレイノルズ応力が存在することがわかる。

また、図-3によっても水面付近では、 $-uw$ が正のレイノルズ応力が $-uw$ が負のレイノルズ応力より多く存在していることがわかる。

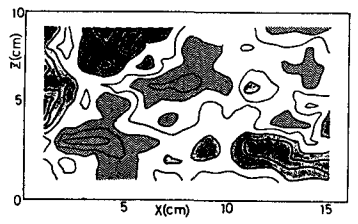
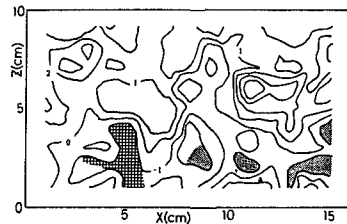
(a)'(b)'(c)'より、0cm/sの分布が、水面にいくほど大きくなっていることがわかる。

x成分

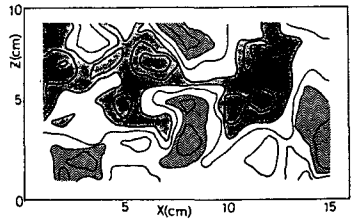
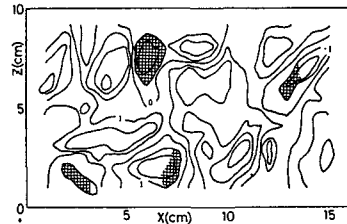
z成分  >0.3  <-0.3



(a) 測定位置底面から2cm (a)'



(b) 測定位置底面から3cm (b)'



(c) 測定位置底面から4cm (c)'

図-2 x, z速度分布図およびレイノルズ応力分布図

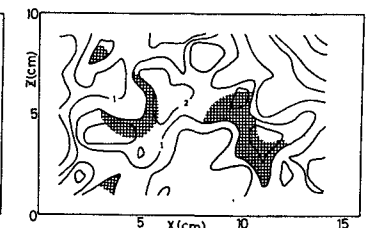
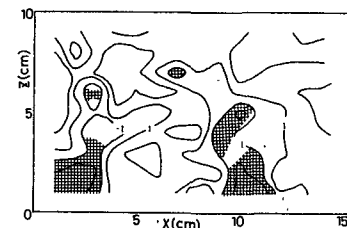
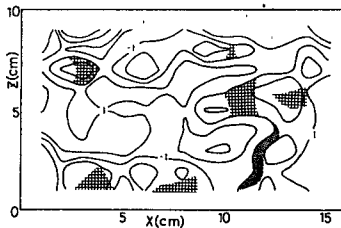


図-3 測定位置底面から4cm(時間をずらして撮影)のx成分流速分布図およびレイノルズ応力分布図