

閉鎖性水域における風成流の二次流の計測

山口大学大学院
荒谷建設コンサルタント
山口大学工学部

学〇三浦 克久
今村 達也
正 斎藤 隆

1. まえがき

湖沼などの閉鎖性水域では水質汚濁などの水環境問題が深刻である。この問題の解決には内部の流況を知ることが先決である。そこで、本研究では模型実験によって風成流の2次流成分を三色回転板を用いたトレーサー法によって計測した。

2. 実験装置

図-1のように水槽正面に回転板、カメラを設置し、側面の $X=110\text{cm}$ 地点にスライドプロジェクターを置き横断面における粒子を照らすようになっている。粒子は比重1のハイポラスポリマーを用いた。回転板は、青、赤、黄の三等分割で、これは始点と終点を決定するのに重要な役割を果たすものである。回転板の回転数は回転数測定装置から出ている端子によって測定できるようになっている。

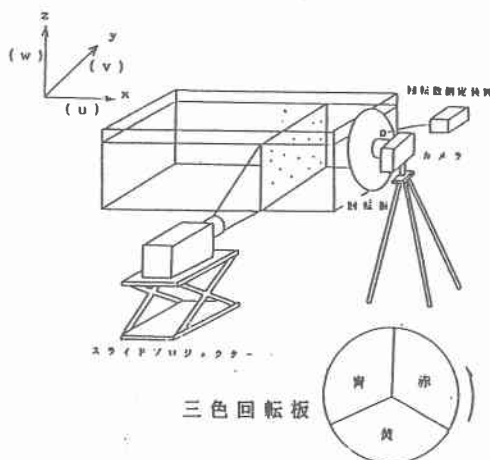


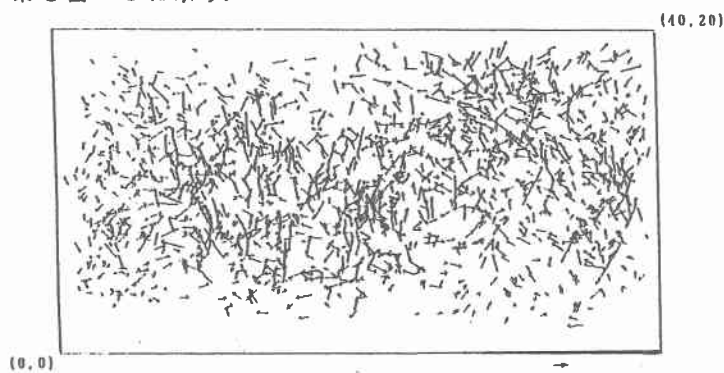
図-1 可視化装置の概略図

3. 測定結果

カメラ撮影はシャッタースピード $2(\text{sec})$ 、絞り 2.8 で行い、写真の中で図-2のように青、赤、黄の色がついた流線の中で途切れてない真ん中の一色をデジタイザーで始点、終点の座標を読みとり流速、方向を決定した。その結果を図-3に示す。



図-2 写真に写る粒子の形状

図-3 v, w 成分の測定結果 (cm/sec)

4. 解析

P T V の補間 - 連続の式の微分形による方法

点 (y, z) における未知ベクトル成分を (v, w)

点 (y_1, z_1) における既知ベクトル成分を (v_1, w_1) とする。

連続の式を差分形で表示すると

$$\frac{v-v_1}{y-y_1} + \frac{w-w_1}{z-z_1} = 0$$

これより

$$(z-z_1)v + (y-y_1)w - v_1(z-z_1) - w_1(y-y_1) = 0$$

$$\begin{aligned} \text{ここで } a_1 &= z - z_1 \\ b_1 &= y - y_1 \\ c_1 &= -(z-z_1)v_1 - (y-y_1)w_1 \\ &= -a_1v_1 - b_1w_1 \quad \text{とおいて} \end{aligned}$$

$$a_1v + b_1w + c_1 = 0$$

$$\text{ここで } s(v, w) = \sum (a_1v + b_1w + c_1)^2$$

とおいて、最小自乗法を用いて

$$\begin{aligned} \partial s / \partial v &= 0 \rightarrow \sum a_1^2 v + \sum a_1 b_1 w = -\sum a_1 c_1 \\ \partial s / \partial w &= 0 \rightarrow \sum a_1 b_1 v + \sum b_1^2 w = -\sum b_1 c_1 \end{aligned}$$

$$\therefore v = \frac{\sum a_1 b_1 \sum b_1 c_1 - \sum b_1^2 \sum a_1 c_1}{\sum b_1^2 \sum a_1^2 - (\sum a_1 b_1)^2}$$

$$w = \frac{\sum a_1^2 \sum b_1 c_1 - \sum a_1 b_1 \sum a_1 c_1}{(\sum a_1 b_1)^2 - \sum a_1^2 \sum b_1^2}$$

図 - 4 にその結果を示す。

5. まとめ

1. 三色回転板を用いたトレーサー法により 2 次流の計測が可能になった。
2. 九大、中工試で得られている計測結果と今回得られた結果の傾向が一致した。

図 - 5 に九大で得られた結果を示す。

実験条件：全長 5.4 m

幅 1.5 m

高さ 2.0 m

水深 1.2 m

風速 3.5 m/sec

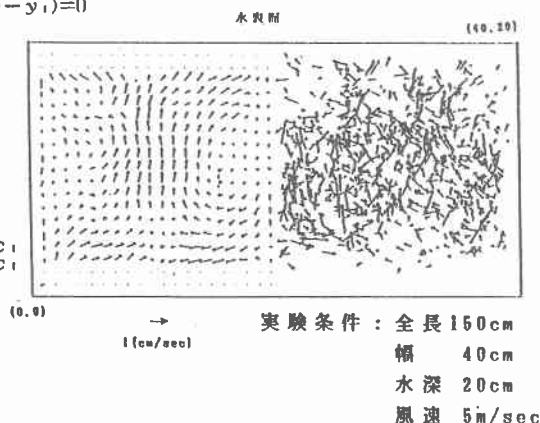


図 - 4 補間したベクトル (左半分)
測定ベクトル (右半分)

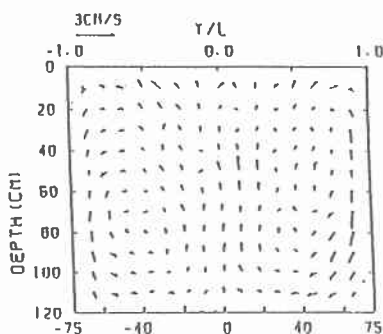


図 - 5 九大で得られた 2 次流の測定結果 Y (CM)