（138）　表面流速測定による流量観測

岩手大学　正員　平山 健一
学生員　○勝田 和彦
学生員　藤川 仁

1. 目的

高水時など通常の流速計による流量観測が不可能なときは浮子などを用いて速度を求めることができる。しかしながら，本研究で対象としているような中小河川では水深も比較的小さく，断面形が複雑なため流向は非常に不安定であり，高価な浮子を用いることは得策でない。本報告ではベニヤ板の小片（以下「表面浮子」と呼ぶ）の流跡をカメラで連続撮影することによって，写真から表面流速を解析し，出水後の断面測定の結果とあわせて流量を測定しようとするものである。

2. 実験方法と解析式の誘導

35mm一眼レフカメラ（モータードライブ）を河面に対して一定の挟角δ（今回の実験ではカメラ位置の制約から δ = 60°）に傾けて，視準軸の正射影が流れに平行になるようにセットし，河面を流下する最大20枚程度の表面浮子を一定の時間間隔で約5〜6コマ連続撮影する。この一組のネガを同一の紙にプリント（グラフ用紙に引伸機によって直接浮子の投影点をプロット）して，各浮子の流跡を線でむすぶ。この用紙上に写ったネガの枠の上辺をx軸，その直角方向をy軸とし，直交座標系をつくり各表面浮子の座標を読む。

ネガのx方向およびy方向に写り得る角度 α，β は

$$\alpha = 2\tan^{-1}\frac{18}{f} \quad \text{———} (1) \qquad \beta = 2\tan^{-1}\frac{12}{f} \quad \text{———} (2)$$

（ここでfは焦点距離）

また，ネガのx方向およびy方向の1mmに写り得る角度 α'，β' は全画面について平均して

$$\alpha' = \frac{\alpha}{36} = \frac{1}{18}\tan^{-1}\frac{18}{f} \quad \text{—} (3) \qquad \beta' = \frac{\beta}{24} = \frac{1}{12}\tan^{-1}\frac{12}{f} \quad \text{—} (4)$$

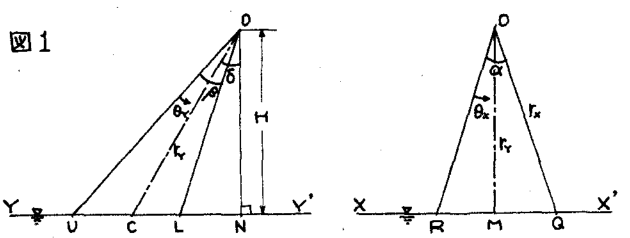
ネガをn倍に引き伸ばしてプリントしたものにおいては

$$a = \frac{1}{18n}\tan^{-1}\frac{18}{f} \quad \text{———} (5) \qquad b = \frac{1}{12n}\tan^{-1}\frac{12}{f} \quad \text{———} (6)$$

図1において O を原点，OU を始線とする極座標を考えると ON = H（Hは水面からカメラ中心までの距離），∠UON = $\delta + \frac{\beta}{2}$ であるから直線UNの極方程式は

$$r_y \cos\left\{\theta_y - \left(\delta + \frac{\beta}{2}\right)\right\} = H \quad \text{——} (7)$$

図1



極座標 $P_1(r_{y1}, \theta_{y1})$，$P_2(r_{y2}, \theta_{y2})$ が与えられるとき Y方向の2点間距離は

$$(\overline{P_1P_2})_Y = \sqrt{r_{y1}^2 + r_{y2}^2 - 2r_{y1}r_{y2}\cos(\theta_{y2} - \theta_{y1})} \quad \text{———} (8)$$

で与えられる。写真上の任意の点 P_1 の直交座標を $P_1(x_1, y_1)$ とし，y_1 を (6) によって θ_{y1} に変換すると

$$\theta_{y1} = b\,y_1 = \frac{y_1}{12n}\tan^{-1}\frac{12}{f} \quad \text{———} (9)$$

同様に $P_2(x_2, y_2)$ について

$$\theta_{y2} = b\,y_2 = \frac{y_2}{12n}\tan^{-1}\frac{12}{f} \quad \text{———} (10)$$

(9)，(10) を (7) に代入して r_{y1}，r_{y2} を求める。

$$r_{y1} = \frac{H}{\cos\left\{\theta_{y1} - \left(\delta + \frac{\beta}{2}\right)\right\}} \quad \text{———} (11) \qquad r_{y2} = \frac{H}{\cos\left\{\theta_{y2} - \left(\delta + \frac{\beta}{2}\right)\right\}} \quad \text{———} (12)$$

(9)〜(12) を (8) に代入して $(\overline{P_1P_2})_Y$ を求める。

同様にX方向の距離については0を原点，ORを始線とするとOM＝r_yだから，直線RQの極方程式は

$$\theta_{x1}=\alpha x_1=\frac{x_1}{18n}\tan^{-1}\frac{18}{f} \quad (13) \qquad \theta_{x2}=\alpha x_2=\frac{x_2}{18n}\tan^{-1}\frac{18}{f} \quad (14)$$

$$r_{x1}=\frac{r_y}{\cos(\theta_{x1}-\frac{\alpha}{2})} \quad (15) \qquad r_{x2}=\frac{r_y}{\cos(\theta_{x2}-\frac{\alpha}{2})} \quad (16)$$

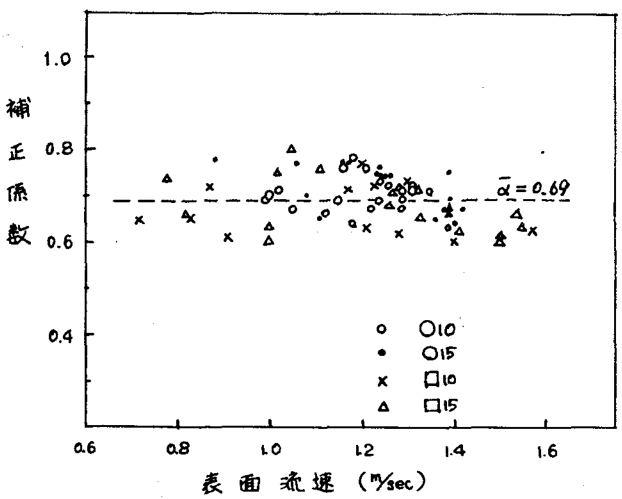
よってX方向の2点間距離は

$$(\overline{P_1P_2})_x=\sqrt{r_{x1}^2+r_{x2}^2-2r_{x1}r_{x2}\cos(\theta_{x2}-\theta_{x1})} \quad (17)$$

3、実験の結果と考察

使用した浮子は3mm厚のベニヤ板で 直径15cmの円形（記号「○15」），直径10cmの円形（「○10」），一辺15cmの正方形（「□15」），一辺10cmの正方形（「□10」） の4種類である。

中津川御厩橋において実験した結果は右図のように補正係数αは0.6〜0.8の範囲にあってこれらのデータを平均すると $\bar{\alpha}$＝0.69となる。補正係数αと水深，平均流速あるいは表面流速との相関をとってみたが明確な関係はみられなかった。$\bar{\alpha}$＝0.69と小さい値がでたが，これは中津川の観測地点の水深が0.30〜0.50mというように比較的浅いのが理由であると予想されるが，これについてはさらにデータを集積する必要がある。



また浮子の形状・大きさによる相違は明確ではないが，大きい浮子の方が補正係数のバラツキが大きく，正方形と円形では正方形の方がバラツキが大きい傾向を示すようである。

また実験には 赤・黄・緑にペイントで着色した浮子を用意したが，天気によらずまたすべての観測場所（松川・生出川・中津川など）で「黄色」の浮子が一番 識別し易かった。

撮影間隔は 中津川（H＝5.80m，δ＝60°，表面流速 V_s＝0.70〜1.50 m/sec）においては2秒，生出川（H＝2.62m，δ＝60°， V_s≒1.60〜1.90m/sec）で0.5秒，松川で2秒を使用した．2秒間隔でシャッターをきる場合には JJY（時刻放送）による1秒間隔の音響を利用した。

次に中津川において，流速計を使用して計算した場合の流量と写真から解析した表面流速に補正係数 $\bar{\alpha}$＝0.69をかけて平均流速として計算した場合の流量とを掲げる。

[河川名]	[実験年月日]	[流速計による流量]	[写真解析から求めた流量]
中津川	1975年11月27日	1.86 m³/sec	1.98 m³/sec
〃	1976年1月14日	1.75 m³/sec	1.65 m³/sec

4、あとがき

今後，異なった水理条件によるデータを集積して補正係数をさらに確実なものとし，また浮子のちがいによる特性をあきらかにしていきたい。

最後にこの研究にあたり岩手大学 佐藤源蔵教授の御援助を頂いたことに感謝する。

5、参考文献

「流量測定の精度向上に関する研究」 北海道広域利水調査会 昭和48年3月