

中央大学 理工学部 春日屋伸昌 . 東京電機大学 理工学部 ○近津博文

1 はじめに

河川の流量を測定する際には、洪水時等の特別の場合を除くと流速計を用いる方法が一般的である。使用される流速計はカップ型およびスクリー型とに大別され、いずれもカップあるいはスクリーが任意の数だけ回転するのに要した時間、または任意の時間内の回転数より毎秒の回転数を求め平均流速を算出する。

しかし、流速計を用いて測定される平均流速の精度は回転数および測定時間に大きく左右される。すなわち、測定値は回転数(測定時間)を大きく取れば取る程真の平均値に近づくことを考えると、回転数および測定時間をどのように定めるかという問題が重要である。

本報告では流速の測定誤差と回転数および測定時間との関係を1000個のシミュレーションモデルにより検討した結果を述べる。

2 流速計

流速計により測定される流速 V は、カップまたはスクリーの毎秒の回転数を n 、器械固有の定数を a 、 b として次式により算出される。

$$V = a \times n + b \quad (\text{m/s}) \quad (1)$$

なお、 n の値は一般に m 回転に要する秒数 t を測ることによって $n = m/t$ で計算される。また、本報告では式(1)の a 、 b の値をそれぞれ $a = 0.634$ 、 $b = 0.051$ とする。

3 シミュレーションモデル

回転数あるいは測定時間が流速の精度に及ぼす影響を検討するにあたり、流速の分布は平均 1.0 m/s 、標準偏差 0.2 m/s の正規分布 $N(1.0, 0.2^2)$ に従うと考え、また流速は 0.1 秒間ごとに at random に変化すると考える。

そこで、まず標準正規分布 $N(0, 1^2)$ より抽出した乱数 x_i を用いて

$$V_i = 1.0 + 0.2 \times x_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots) \quad (2)$$

より V_i を計算し、 V_i に対応する回転数 n_i を次式により求める。

$$n_i = (V_i - b) / a \quad (3)$$

次に、微小時間 Δt (0.1 秒)の間の回転数($n_i \times \Delta t$)を求め、その累積 R を計算する。

$$R = \sum_{i=1}^j n_i \times \Delta t \quad (4)$$

さらに、式(4)で算出される R が回転数 $N = 5, 10, 15, 20, 25, \dots, 300$ に最も近くなる回転数 R_N (回転数 N との差の絶対値が最小となる)を経過時間 $T_N (= \Delta t \times j)$ で割って、この間の平均回転数 $N_{m,N}$ を算出すると、結局回転数 N に対する平均流速 $V_{m,N}$ は次式により算出されることとなる。

$$V_{m,N} = a \times N_{m,N} + b \quad (N = 5, 10, 15, \dots, 300) \quad (5)$$

一方、各回転数に対応する平均流速の誤差を E_N とすると、 E_N は

$$E_N = \{ (V_{m,N} - 1.0) / 1.0 \} \times 100 \quad (6)$$

より計算される。

本報告では1000個のシミュレーションモデルについて上記の計算を各回転数ごとに行なった。なお、1000個のモデルの内の任意の1個について上記に述べた一連の計算過程を示したものが表-1である。表-1において10回転に対する R_N の値は9.9789であり、その時の平均回転数 $N_{m,N}$ は1.405、平均流速 $V_{m,N}$ は 0.942 (m/s) 、および誤差 E_N は -5.8% となった。また、この場合測定時間 T_N は 7.1 秒となった。

表-1における誤差 E_N と回転数 N との関係を図示したものが図-1である。図-1より E_N は回転数が増加するに従って指数関数的に減少することが理解される。これより誤差を2%以内とするためには回転数を20回転以上に取れば良いことがわかる。

表 - 1

i	x_i	v_i	n_i	$n_i \Delta t$	R_N	$N_{m,N}$	$V_{m,N}$	$E_N(\%)$
1	1.10607	1.221	1.845	0.1845	0.1845			
2	1.34057	1.268	1.920	0.1920	0.3765			
3	1.47076	1.294	1.961	0.1961	0.5726			
4	-0.32024	0.936	1.396	0.1396	0.7122			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			
71	-0.29798	0.940	1.402	0.1402	9.9789	1.405	0.942	-5.8
72	0.86247	1.172	1.768	0.1768	10.1557			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			
102	0.24991	1.050	1.576	0.1576	14.8639	1.460	0.977	-2.3
103	0.73691	1.147	1.729	0.1729	15.0368			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			

4 回転数（測定時間）と平均流速の誤差 $|E_N|$

各回転数 ($N=5, 10, 15, \dots, 300$) について算出された1000個の平均流速は仮定により $N(1.0, 0.2^2)$ に従う。そこで、各回転数に対する平均流速の誤差が1%および2%以内となる確率を求めることによって回転数をいくらに定めれば安全であるかを検討することとする。すなわち、各回転数ごとに平均流速の誤差が1%以内となる確率 P_1 ($0.99 < \nu < 1.01$ (m/s)) および2%以内となる確率 P_2 ($0.98 < \nu < 1.02$ (m/s)) を求め、回転数と P_1 および P_2 との関係、および同様に求めた測定時間と P_1 および P_2 との関係を示したものが図-2である。

図-2において P_1 および P_2 がいずれも0.95以上となる時の回転数および測定時間をそれぞれ採用すべき回転数および測定時間とすると、流速を精密に測定する場合 (P_1 の場合) に採用すべきカップあるいはスクリュ-の回転数は210回転、また通常の測定の際 (P_2 の場合) には60回転が妥当と思われる。一方、測定時間は精密測定の場合には140秒、通常の場合には40秒が妥当であると思われる。

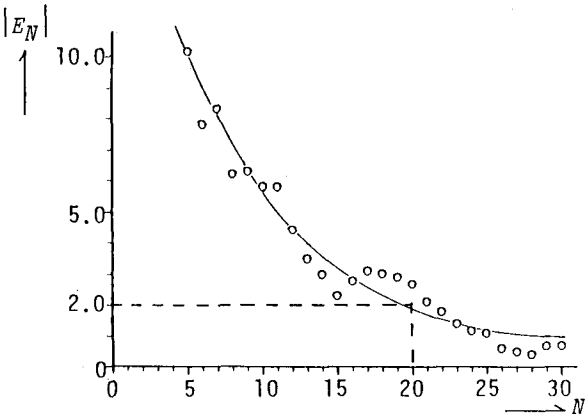


図 - 1

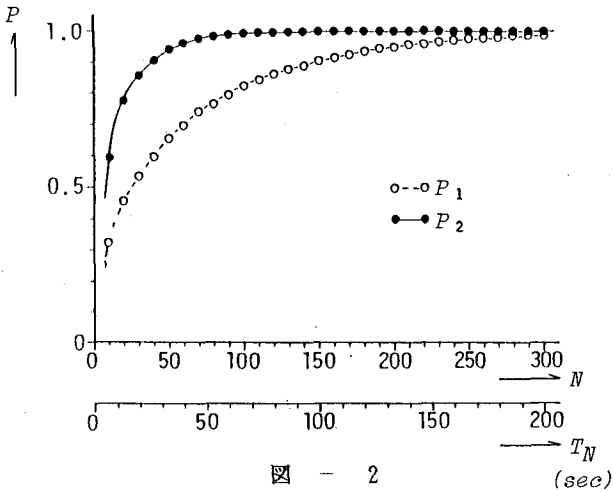


図 - 2