

II-62 実河川の乱流計測

八戸工業大学 正員 西田 修三
学生員 源田 謙一

1. はじめに

実河川の流況・水質の数値予測には、流れ場の正確な乱流量の把握が不可欠である。しかしながら、現在まで、実河川におけるレイノルズ応力や密度フラックスといった乱流量を測定した例はほとんどなく、流況・水質の数値シミュレーションに際しては、室内実験の結果や数少ない野外調査結果を基に、乱流係数が決定されてきた。これは、数値解析に十分応え得る乱流量の測定が可能な計測器が存在しなかったことにも起因している。本研究では、最近開発されたフィールド用レーザー流速計⁽¹⁾を用い、実河川において乱流計測を行い、得られたデータを基に数値シミュレーションに必要な実河川の時間・空間的な乱流係数の値を算出することを最終目的としている。今回はその第一歩として、北海道の天塩川と八戸市の新井田川において実施した乱流計測の一例を報告する。

2. 測定方法

測定は1988年8月9日天塩川の河口より5.6 km地点（河幅270 m、水深5 m）、1989年1月27日新井田川の河口より2 km地点（河幅80 m、水深2 m）において実施した。天塩川においては、2台のレーザー流速計をそれぞれ主流方向に対し±45°傾けてアングルに固定し、橋上よりガイドロープに沿わせて吊下げ、流速測定を行った。一方、新井田川における測定では、試作の2次元プローブ⁽²⁾を取り付けたアングル製の観測塔（0.3×0.3 m、高さ2.5 m）を河床に設置し、プローブの動揺を除去した測定を行った。

3. 測定結果

得られた2つの出力信号を座標変換することにより、 u （水平流速）、 v （鉛直流速）成分（または u 、 w 成分）を求め、乱れ強度等の乱流量の算定を行った。周波数10 Hzと1 Hzで2050データのサンプリングを行い、解析には、そのうち1024または512データを使用した（本報ではサンプリング周波数10 Hzの場合について報告する）。乱流量の算出には、平均流速（ $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ 、 $\bar{w}$ ）の与え方が大きく影響するため、ここでは以下の方法で平均流速を求め、それぞれの場合について乱れ成分（ u' 、 v' 、 w' ）の計算を行った。

①時間平均： $\bar{u} = \sum u_i / N$

②サンプリング周波数10 Hzの場合、

1 Hz及び0.1 HzのLPFで数値フィルタリング

③サンプリング周波数1 Hzの場合、

0.1 Hz及び0.01 HzのLPFで数値フィルタリング

表-1は、天塩川における計測の解析結果である。ちなみに、計測時の淡塩水境界面の位置は水深約2.0 mであった。時間平均及び0.1 Hz-LPF処理を施した u 、 v の乱れ強度は、表面波の影響を受け表層部で大きな値を示

水深 (cm)	乱れ強度 (%)	乱れ強度 (%)	平均流速 (m/s)	平均流速 (m/s)	レイノルズ応力 (kg/m ²)
2.5	0.0087	0.0130	0.1874	0.0	-0.0018
5.0	0.0097	0.0098	0.2053	0.0	-0.0008
7.5	0.0098	0.0055	0.1833	0.0	-0.0044
10.0	0.0075	0.0048	0.1805	0.0	-0.0024
12.5	0.0080	0.0033	0.1790	0.0	-0.0040
15.0	0.0057	0.0047	0.1825	0.0	-0.0028
17.5	0.0059	0.0039	0.1620	0.0	-0.0023
20.0	0.0050	0.0047	0.1401	0.0	-0.0032

水深 (cm)	乱れ強度 (%)	乱れ強度 (%)	平均流速 (m/s)	平均流速 (m/s)	レイノルズ応力 (kg/m ²)
2.5	0.0044	0.0048	0.1874	0.0	-0.0040
5.0	0.0046	0.0045	0.2053	0.0	-0.0020
7.5	0.0040	0.0043	0.1833	0.0	-0.0027
10.0	0.0040	0.0036	0.1805	0.0	-0.0014
12.5	0.0044	0.0042	0.1790	0.0	-0.0047
15.0	0.0043	0.0039	0.1825	0.0	-0.0031
17.5	0.0036	0.0032	0.1630	0.0	-0.0008
20.0	0.0036	0.0030	0.1401	0.0	-0.0029

水深 (cm)	乱れ強度 (%)	乱れ強度 (%)	平均流速 (m/s)	平均流速 (m/s)	レイノルズ応力 (kg/m ²)
2.5	0.0080	0.0128	0.1874	0.0	-0.0157
5.0	0.0091	0.0095	0.2053	0.0	-0.0019
7.5	0.0091	0.0061	0.1833	0.0	-0.0018
10.0	0.0062	0.0047	0.1805	0.0	-0.0016
12.5	0.0063	0.0052	0.1790	0.0	-0.0077
15.0	0.0054	0.0046	0.1825	0.0	-0.0032
17.5	0.0042	0.0038	0.1630	0.0	-0.0011
20.0	0.0054	0.0044	0.1401	0.0	-0.0087

表-1

しているが、その他の水深ではほぼ一定値（平均化の処理方法でそれぞれの絶対値は若干異なっているが）を示している。また、1 Hz-LPF処理をした結果は、表層も含めた全測定水深にわたり約0.004 mの値となっている。一方、レイノルズ応力に関しては、サンプリング時刻や解析データの個数に大きく依存し、かなりのばらつきが生じ、その傾向を把握するには至らなかった。

図-1は、新井田川で実測された流速変動の生データ（45°2成分の出力値）である。新井田川には周期約1分振幅数cm、及び、周期約30分振幅20cm程度の卓越した水位変動があることが、現地調査で明かとなっている。図-1には、水位変動に対応した約1分周期の流速変動が見られる。また、観測中に水位変動に起因した約30分周期の流向の反転も確認された。図-2は、観測された主流方向成分uのパワースペクトルである。約0.1 Hzと1 Hzを境にその傾きの変化が認められ、平均化の処理に際してのLPFの遮断周波数の決定の参考とした。表-2、表-3は、それぞれ、新井田川で測定された鉛直2成分及び水平2成分の解析結果である。上述の短周期の流速変動のために非定常性が強く、各測定時刻の違いにより、表に示されるように平均流速が大きく変化しており、乱流量の水深方向変化について明言はできない。しかし、本結果を見る限り、各乱れ強度は水深が深くなるにつれ若干の減少傾向はあると言えそうである。今後、非定常性を考慮した連続測定を行い、平均流速場と乱れの相関を見いだしていくつもりである。

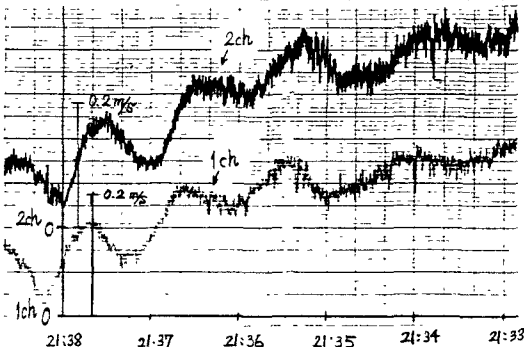


図-1

本研究は、北海道大学工学部助教授 吉田静男先生の御指導と御協力のもとに実施することができました。ここに感謝の意を表する次第です。また、本研究の一部は（財）建設工学研究振興会の奨励金の補助により遂行することができました。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- (1) 吉田・八木：河川乱流計測用LDAの開発、第30回水理講演会論文集、pp. 541-546、1986。
- (2) 吉田・塚田：水流流速測定に用いる光学的手法の改良、pp. 489-494、1982。

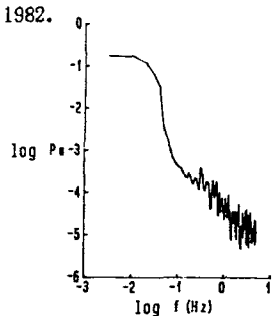


図-2

水 深 (cm)	乱れ強度		平均流速		レイノルズ応力 -ρu'v' (N/m²)
	$\sqrt{u'^2}$ (cm/s)	$\sqrt{v'^2}$ (cm/s)	u (cm/s)	v (cm/s)	
0 (5)	0.0468	0.0073	0.2206	0.0	0.0468
25	0.0435	0.0053	0.1220	0.0	0.0435
50	0.0435	0.0550	0.1019	0.0	0.0550
75	0.0144	0.0062	0.0589	0.0	0.0502
100	0.0148	0.0087	0.1675	0.0	0.0463
125	0.0348	0.0086	0.1746	0.0	0.0362

水 深 (cm)	乱れ強度		平均流速		レイノルズ応力 -ρu'v' (N/m²)
	$\sqrt{u'^2}$ (cm/s)	$\sqrt{v'^2}$ (cm/s)	u (cm/s)	v (cm/s)	
0 (5)	0.0067	0.0061	0.2206	0.0	0.0182
25	0.0042	0.0044	0.1220	0.0	0.0068
50	0.0042	0.0020	0.0582	0.0	0.0013
75	0.0017	0.0016	0.0337	0.0	0.0006
100	0.0028	0.0027	0.0957	0.0	0.0024
125	0.0034	0.0034	0.0989	0.0	0.0037

水 深 (cm)	乱れ強度		平均流速		レイノルズ応力 -ρu'v' (N/m²)
	$\sqrt{u'^2}$ (cm/s)	$\sqrt{v'^2}$ (cm/s)	u (cm/s)	v (cm/s)	
0 (5)	0.0043	0.0040	0.1260	0.0	0.0077
25	0.0028	0.0028	0.0697	0.0	0.0028
50	0.0025	0.0024	0.0582	0.0	0.0022
75	0.0021	0.0019	0.0337	0.0	0.0005
100	0.0033	0.0030	0.0957	0.0	0.0034
125	0.0056	0.0046	0.0989	0.0	0.0013

表-2

水 深 (cm)	乱れ強度		平均流速		レイノルズ応力 -ρu'v' (N/m²)
	$\sqrt{u'^2}$ (cm/s)	$\sqrt{v'^2}$ (cm/s)	u (cm/s)	v (cm/s)	
0 (5)	0.0356	0.0087	0.2315	0.0	0.0192
25	0.0321	0.0075	0.0922	0.0	0.0059
50	0.0203	0.0193	0.1105	0.0	0.4848
75	0.0456	0.0043	0.1163	0.0	0.0061
100	0.0202	0.0035	0.0828	0.0	0.0023
125	0.0170	0.0049	0.1034	0.0	0.0075

水 深 (cm)	乱れ強度		平均流速		レイノルズ応力 -ρu'v' (N/m²)
	$\sqrt{u'^2}$ (cm/s)	$\sqrt{v'^2}$ (cm/s)	u (cm/s)	v (cm/s)	
0 (5)	0.0134	0.0127	0.5933	0.0	0.0932
25	0.0079	0.0056	0.1971	0.0	0.0221
50	0.0051	0.0051	0.1425	0.0	0.0095
75	0.0103	0.0068	0.0734	0.0	0.0383
100	0.0076	0.0059	0.1761	0.0	0.0281
125	0.0068	0.0050	0.2326	0.0	0.0194

水 深 (cm)	乱れ強度		平均流速		レイノルズ応力 -ρu'v' (N/m²)
	$\sqrt{u'^2}$ (cm/s)	$\sqrt{v'^2}$ (cm/s)	u (cm/s)	v (cm/s)	
0 (5)	0.0156	0.0143	0.5933	0.0	0.1149
25	0.0106	0.0068	0.1971	0.0	0.0235
50	0.0071	0.0068	0.1425	0.0	0.0193
75	0.0250	0.0135	0.0734	0.0	0.2773
100	0.0088	0.0071	0.1761	0.0	0.0255
125	0.0083	0.0065	0.2944	0.0	0.0635

表-3