

岩手大学工学部 正会員 平山健一
同 学生会員 近藤 隆

1. 緒言

河川における流れについては多くの研究があり、流れの構造も流れの支配する Geometry と水理量の関係として 漸次解明されつつある。しかし 水深、水路中、路床面の凹凸、湾曲部など河川の流れを支配する要素が多く、理論的なアプローチも実河川においては、十分な予測を可能にするに至っていない。本研究は特に乱流の多重構造が顕著であると思われる。表-1に示すような山地河川における プロペラ式流速計を用いて 流速変動の測定を行い 流速変動の特性を調べたものである。

2. 流速測定の概要

流速測定地点は表-1に示すような水面勾配 $1/60$ から $1/500$ 位の急な流れであり、水深に比して河床材料の

表-1	河川名	DATA 個数	DATA 読み取り間隔 Δt	河中	水深	水面勾配	平均流速	流量	河床の状況
	松川	1300	0.6667秒	25.0 m	0.48 m	1/100	0.807 m/s	7.909 m ³ /s	玉石
	北上川	"	"	18.5	0.56	1/400	0.524	3.851	"
	涼川	"	"	7.3	0.38	1/300	0.448	0.823	"
	外川川	"	"	6.0	0.55	1/300	0.879	1.074	"

サイズが大きく、流れは3次元적이다。測定はCM-1B式プロペラ流速計を用い、記録はEPR-2T型ポリマーを用い、解析データは記録紙より0.33 sec 間隔に1300個読み取った。

3. 乱れの強度

平均流速 $\bar{U}$ で無次元化した乱れの相対強度 $\sqrt{u^2}/\bar{U}$ と相対水深の関係を図-1に示した。乱れの相対強度は相対水深に依存し、式(1)と比較的よく近似される。

$$\sqrt{u^2}/\bar{U} = 0.07\sqrt{H/\eta} \quad (1)$$

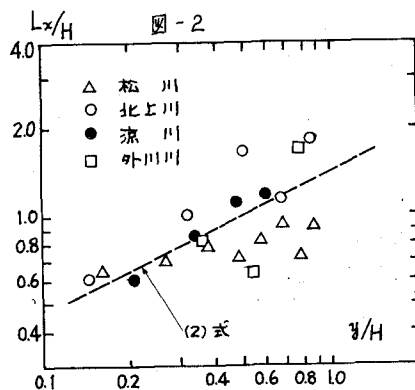
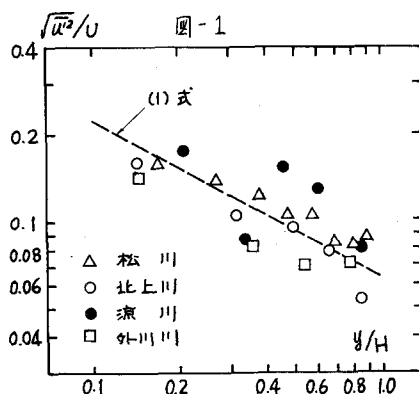
さらに乱れの特性を表す渦の平均径 L_x は水深で無次元化して相対水深と図-2のように示される。この関係は式(2)で表わされる。

$$L_x/H = 14(\eta/H)^{1/2} \quad (2)$$

図-2より表面に近い程、実際の乱れの強度は強いことがわかる。

4. 乱れのスペクトラム

乱れのスペクトラムは図-3に示す。 T_E は Integral Time Scale でテラーの仮定を用いれば $L_x = \bar{U}T_E$ で計算される。スペクトラムは周波数 $fT_E = 0.065 \sim 0.4$ の範囲で $-5/3$ に比例する慣性領域が見られるが、それよりも低周波数の領域で大体平らになる。余越⁽¹⁾は水深と河中に対応して2種類の慣性領域が存在することを示したが、本例のような水深の小さい小河川では河床の凹凸がこの



乱れのスケールを決める大きな要素となっていると考えられスペクトラムの分布は複雑である。

Isotropic turbulence のスペクトラムは(3)式で与えられる。

$$E(f)/4\bar{u}^2 T_E = 1/\{1 + 4\pi^2 f^2 T_E^2\} \quad (3)$$

この式は図-3に示され、高周波数が幾分実験値からはずれているが、ほぼ実験の傾向を示している。

5. 平均流速測定誤差

観測時間と真の平均値からの変動を考える場合試長-変動曲線が利用される。スペクトラムと自己相関々数には周知の実係式があり自己相関々数と試長変動係数 $C(T_*)$ の間には、(4)式の実係がある。

$$C(T_*) = \frac{2\bar{u}^2}{T_*^2} \int_0^{T_*} (T_* - \tau) R(\tau) d\tau \quad (4)$$

スペクトラムを(3)式で仮定し、 $T_E = Lx/U$ の代わりに簡単な水理量を用いることを考える。 Lx/H は(2)式から得られる。これらの実係を(4)式に代入すれば(5)式が得られる。

$$C(T_* U/H)/C(0) = 2(K + e^{-K} - 1)/K^2 \quad (5)$$

ただし

$$K = T_* U/H / 1.4 (\eta/H)^{1/2}$$

実験の試長変動曲線は図-4に示されるように、本研究が対象とした河川では同一の傾向を示している。式(5)は $\eta/H = 1.0, 0.2$ の場合について図-4に示されるがほぼ実験の値に一致している。これによれば $T_* U/H$ を50程度にすると、測定値の真の平均値に対する分散の0.055となり、 $\sqrt{2}/U$ がめれば測定値の真の値に対する誤差の割合が知れる。この値は岸⁽²⁾らの値に比して一定時間より良い精度を示しており、試長-変動曲線は土屋⁽³⁾らの測定に近い。

6. あとがき

本研究では山地小河川における流れの乱れの特徴を示し、測定値の真の値からの誤差を推定してみた。しかしながら観測時間が8分程度でありスペクトルVの低周波数領域を十分カバーできなかったため、もうすこし長時間の測定により、スペクトラムについてより正確な近似が可能であろう。

おわりに、この研究を進めるにあたり、岩手大学工学部佐藤源蔵教授の御援助を受けたので、感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 余誠正一郎：河川の大規模乱れ、京大防災研年報 No. 10, 1967
- (2) 岸 力 哉：河川の乱れと流量測定精度に関する研究、土木学会第25回年講、昭和45年。
- (3) 土屋昭彦ほか：河川の乱れと流速測定、土木学会第26回年講、昭和46年。

図-3

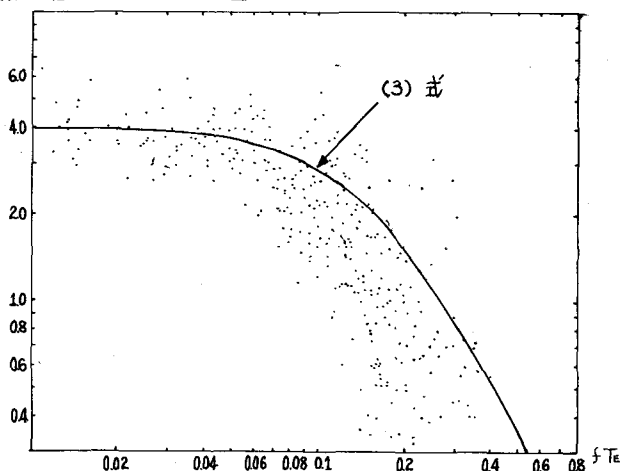


図-4

