

自然河川における乱流計測

秋田大学 正員 ○ 石井 千万太郎

学生員 栗田 幸吉

I) まえがき

レイノルズ応力、物質の輸送・拡散などを評価しようとするとき、流れの中に存在する不規則な流速変動に関する情報が必要となる。従来得られていたものは、ほとんど単純化された水路(例えば、一様中・平坦な床など)の流速変動に関するものである。しかしながら、自然河川の場合、meanderingのような平面的水路の不規則性、ripples & dunes, flat bed, antidunes とい、に河床形の不規則性の乱れの構造への働きかけが加わるので、従来得られている結果とは相当異なる乱れの構造を示すと思われる。

著者はプロペラ型流速計(CM-2型電気流速計)を用いて昭和46年9月30日～10月1日にかけて、雄物川支流の岩見川本田橋地点で測定し、その資料を統計的に解析した。(主としてスペクトル解析)

本文は著者のプロペラ型流速計を用いての測定法と解析法を紹介し、さらに資料の解析の結果の考察を行なったものである。

II) プロペラ型流速計について¹⁾

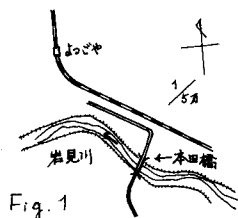
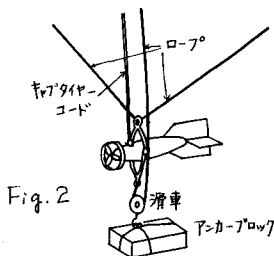
自然河川の測定では、プロペラ型流速計が次のような利点を持つものが多く用いられている。

(1)測定条件の悪い自然河川の測定に際してもその使用に耐えるだけの堅牢性をもつ。(2)比較的安全である。(3)附属計器がportableである。(4)電気系統の構造が簡単なのでキャリブレーションが安定している。

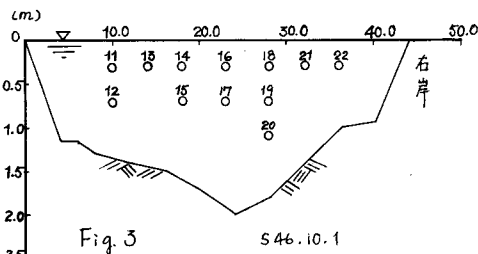
しかしながら次のような欠点を持つものが解析を進める場合、留意する必要がある。
①プロペラの周波数特性は開水路乱れに存在する高周波変動に十分応答しない。
②プロペラの高さが乱れのミクロスケールに比し大きいので、測定される速度変動は空間的に平均化されたものになる。

III) 測定

測定は雄物川支流の岩見川本田橋地点(雄物川本川との合流点から約2km上流)で昭和46年9月30日と10月1日の両日行なった。(Fig. 1)



測定の方法はFig. 2に示すように、本田橋の上から、下にアンカースロープをつけた流速計をロープで吊り下ろし、まずアンカースロープを所定の位置に据え付ける。その後水深方向の流速計の位置は滑車を利用して自由に換えられる。流れが速い場合、流速計の位置の固定が問題となるが、アンカ



プロップと橋上の2点の計測点からロープによって固定された。Table-1に測定の大略を示す。

Fig. 3は河道横断面内のNo.11~22の位置を示す。

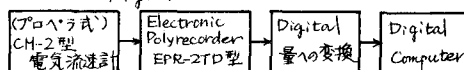
Table-1

月日	No.	流速計	記録計	観測時間	水面の流速	河床の流速	河床の状態
9/50	1~4	CM-2型	EPR-2TD型	15分	1/2000	1/500	不明
10/1	11~22	電気流速計	ホリコーダー	15分	1/2000	1/500	砂礫に較的平坦

IV) 解析法 2), 3)

Fig. 4にデータ処理の系統図を略記した。

Fig. 4



(1) 読み取り間隔について

速度変動の最大周波数を f_c とすると、スペクトル解

析のエイリアシングを避けるため $h \leq 1/2f_c$ とするが、プロペラ流速計では、その寸法や慣性によるスペクトルの高周波切断が行われるため、計器の特性から読み取り間隔 h が制約されることになる。さらに著者らは記録計として用いたPen Recorderの紙送り速度と読み取りの都合から $h = 2/3 \text{ sec}$ とした。これは $f = 0.75 \text{ cycle/sec}$ 以上の高周波切断を示す。

④ 岩佐・今本による“プロペラの慣性によるプロペラの周波数応答”の研究⁴⁾から

$$h/\tau_E \leq 10^{-1}, \quad h > \tau \quad (\tau_E: \text{EulerのIntegral Time scale}, \tau: \text{平均化時間}) \dots (1)$$

のときプロペラの慣性の影響が無視されるとしている。

⑤ またプロペラの空間平均化の影響に対するSchufの研究¹⁾では

$$L_x/D \leq 3.5 \quad (L_x: \text{マクロスケール}, D: \text{プロペラの径}) \dots (2)$$

のとき空間平均化の影響は無視できるとしている。さらに石原・余越¹⁾らは

$$f_c \leq U/D \quad (f_c: \text{解析可能な最高周波数}, U: \text{平均流速}) \dots (3)$$

としている。

本測定において $\tau_E \approx 8 \sim 30 \text{ sec}$, $L_x \approx \frac{400}{\sim 1500} \text{ cm}$, $D = 14 \text{ cm}$ のとき $h = 2/3 \text{ sec}$ は(1)~(3)を満足する。
 $\bar{U} \approx 40 \sim 120 \text{ cm/sec}$

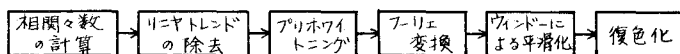
(2) スペクトル解析 2), 3)

$h = 2/3 \text{ sec}$, N (データ総数) = 1350 (900 sec), m (最大ラグ) = $N/10 = 135$ (90 sec)として、Fig. 5に示すように、Tukeyの方法に従いスペクトルの計算を行なった。

※ その他の統計量の解析法

Fig. 5

については省略する。



※ ※ 以上の解析による結果ならびにその考察については講演時に発表する。

謝辞 測定に際し、色々とおおかけ下さった秋田県河川課・東北地建の方々、また測定と手伝っていた、秋田大学土木科の技官・院生、さらに計算に関し色々とお助けをいただいた、北海道大学河川研究室の方々に深く感謝致します。

参考文献

- 1) James Patrick Bennett; Turbulence Measurement with a Propeller Flow Meter, Colorado State Univ., Labs.
- 2) 応用水理学下II 本間仁編 (丸善) P.91-137
- 3) R.B. Blackman and J.W. Tukey; The Measurement of Power Spectra, Dover Publication, Inc. Proc. 12th Congr. LAHR Vol. 2, 293~299
- 4) Iwasa, Y. and Imamoto, H.; Turbulence measurement by means of small current meter in free surface flow