

北大工 正 眞 岸 カ
 “ “ “ 森 明 巨
 “ “ “ 黒 木 幹 男

緒言 南水路における乱れの測定は主に固定床で行なわれているが、今回、著者等は移動床流れで乱れの測定を行なった。同時に砂面、水面の変動を測定し、それぞれの間の統計的な関係も調べた。実験は、長さ20m、巾1mの水路に平均粒径0.69mmの砂を敷いて行なわれた。

流速測定には直径18mmの小型フロベリウ流計を用い、水路下流端より10mに設置した。砂面及び水面変動の測定には砂面測定器を用いた。実験の概況を表に示す。

1 移動床流れにおけるスペクトラム

図-1に得られた流速変動の相関々数の一例が示されて

いる。図によると流速変動は2つの成分より構成されているものと思われる。一つは乱流境界層による乱れで、他の一つは河床波の移動による平均流の変化によるものである。平均流の変動の time scale のおおよその値を知るために、流速変動に次の様式モデルを用いた。

南水路流れにおける乱れの相関々数 $R(t)$ は、一般に(1)式で比較的良好に近似される。そこで、平均流の変動にも(1)

$$R(t) = e^{-t/T_E} \quad (1)$$

式を用いると、移動床流れにおける乱れの相関々数(2)式で与えられる。(2)式において U_1^2 , T_{E1} , U_2^2 , T_{E2} は、それぞれ

$$U^2 R(t) = U_1^2 e^{-t/T_{E1}} + U_2^2 e^{-t/T_{E2}} \quad (2)$$

$$U^2 = U_1^2 + U_2^2$$

乱流境界層による乱れの強度及び time scale, 平均流の平均値のまわりの分散及び time scale で、両者の間に相関はないものとする。このとき、スペクトラムは(3)式で与えられる。

$$E(f) = 4U_1^2 T_{E1} / [1 + (2\pi f T_{E1})^2] + 4U_2^2 T_{E2} / [1 + (2\pi f T_{E2})^2] \quad (3)$$

図-2に流速変動のスペクトラムが示されている。図中に示された実線は(3)式である。表-1に U_1^2 , T_{E2} の数値が示されている。表によると、 T_{E2} は ripple, Bar, dune の順に大きくなり、 U_1^2 は、ripple は Bar 及び dune に比べそれほどもしくはない。これらのことか

表-1

Run	河床形状	水面勾配	水深	平均流速	T_{E2}	U_1^2	U_2^2
15	ripple	1/340	4.4 cm	45.5 cm/sec	9.4 sec	2.3 cm ² /sec ²	0.027
16	Bar	1/225	5.5	60.0	46.6	28.6	0.077
17	dune	1/680	12.9	63.0	430.4	40.8	0.094
18	dune	1/600	21.2	50.9	338.8	27.1	0.081
19	dune	1/1070	22.2	48.6			

$\bar{U}$: 局所平均流速 $E/U^2(\text{sec})$

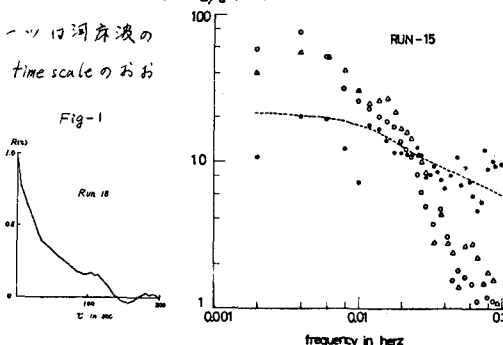
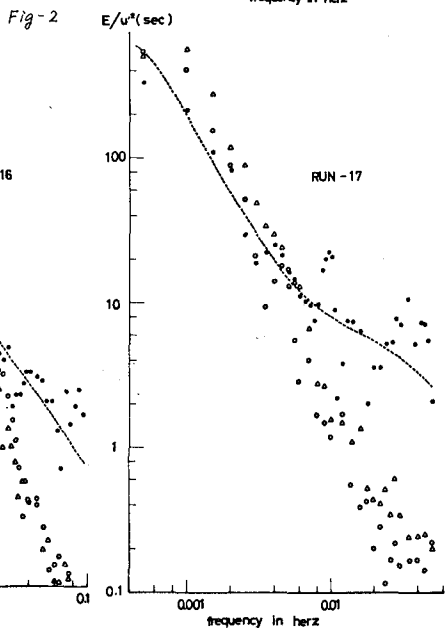


Fig-1



う ripple の平均流の変化に与える効果の小さいことがわかる。図-2 中に砂面変動のスペクトラムが $\circ, \Delta$ 印で示されている。これは、それぞれ水路下流端より 9, 8m 地点で測定されたものである。図によると、河床形状が dune 及び Bar の場合、砂面変動及び流速変動のスペクトラムは低周波部分において相似である。

Fig-3

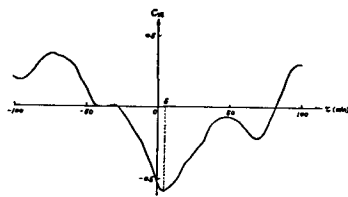
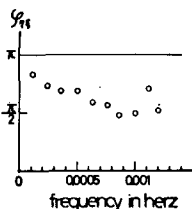


Fig-4



2 流速変動、水面変動、砂面変動の相互関係

2-1 水面変動と河床変動の位相差 林は、河床波が dune の場合水面の変化と砂面の変化は逆位相としている。この関係を調べるために、水面及び砂面の変動を同一地点で測定した。(RUN-19) 水面変動を $s(t)$ 、砂面変動を $\eta(t)$ とする。相互相関関数 $G_{st}(\tau) = \overline{\eta(t+\tau) \cdot s(t)}$ の最小値は図-3 に示す様に $\tau = 5 \text{ min.}$ であった。ある周波数に対する η 及び s の変動は (4) 式の様に

$$\eta = A_{\eta} \cos(2\pi f t) \quad (4)$$

$$\eta = A_s \cos(2\pi f t - \varphi_{\eta s})$$

くと、クロススペクトラムより求められた $\varphi_{\eta s}$ が図-4 に示されている。図からわかる通り、 $\varphi_{\eta s}$ は π より小さい値となった。

2-3 河床波の移動速度 水路下流端より 9m 及び 10m の砂面記録の位相差 φ_{η} および、河床波の移動速度を求めるため、 φ_{η} より arrival time t_a を求め図-5 に示した。 t_a は (5) 式より計算された。

$$t_a = (\varphi_{\eta} + 2n\pi) / 2\pi f \quad (5)$$

$$(n = 1, 2, \dots)$$

図中に示された実線は、2つの砂面記録より得られた相互相関関数の値が最大となる Lag time である。日野によると、平衡領域では河床波は変形せず、波速は周波数に依存しない。従って (4) 式において適当な n を取ると、周波数によらず $t_a = \text{const.}$ とする事ができる。

RUN 15, 16, 17 では、実線又は点線で示される様に $t_a \approx \text{const.}$ となる n が存在する。しかし、RUN-18 では適当な n が定められなかった。

2-4 平均流と河床波の相互依存性 平均流と河床波の相互依存性を調べるために、9m 地点の流速記録と 8m 地点の砂面記録の間のコヒーレンスを計算した。得られた結果が図-6 に示されている。図によると、流速と砂面の変動の相互関係は、低周波部分において大きく、高周波部分において小さくなる。河床形状による違いをみると、dune 及び Bar は ripple に比べ平均流との結びつきの大きくなる事がわかる。

Fig-5

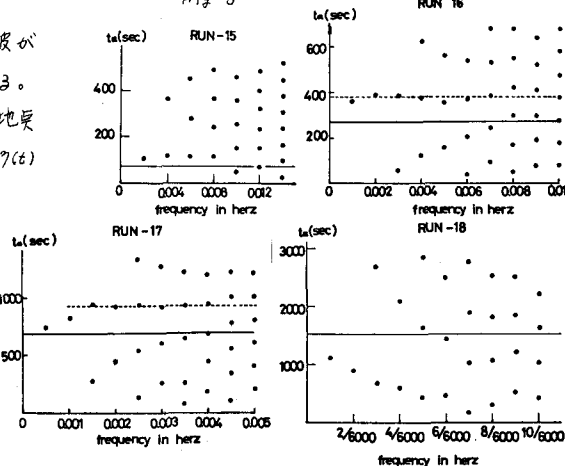
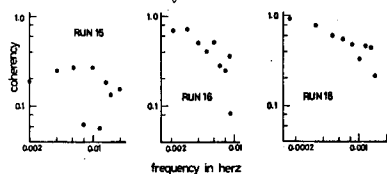


Fig-6



参考文献

- 1) T. Hayashi; ASCE vol 96, Hy 2 pp 357~366
- 2) 日野幹雄; 東工土木工学科研究報告 NO.4 pp 30~34