

北大・工 正 岸 力
 北大・工 ○正 森 明 巨

1. はじめに 移動床流れにおける流速と砂面の相互干渉について実験結果をもとに考察した。実験は長さ20m、中1mの水路に $d_{50} = 0.23\text{mm}$ の砂を敷いて行なった。流速測定には直径18mmのフロベラ流速計を用い、水面及び砂面測定には砂面計を用いた。又、厚別川において野外用砂面計、CM-2型フロベラ流速計を用いて砂面及び流速を測定した。 d_{50} は 0.25mm であった。実験の水理条件を表-1に示す。河床波の抵抗は、岸、黒木の方法による τ (Fig. 1) に示す様に dune I、又は、dune II に属する。

2. 実験結果 河床の移動による流速変動; Jain 等⁽¹⁾ によれば流速及び水面の変動と砂面変動のスペクトラム S_u , S_η , S_q の間には (1), (2) 式の関係が成立する。

$$S_u(k) = \left[\frac{U k (\cosh kh + F^2 k H \sinh kh)}{\sinh kH - F^2 k H \cosh kH} \right]^2 S_q(k) \quad (1)$$

$$S_\eta(k) = [F k H / (\sinh kH - F^2 k H \cosh kH)]^2 S_q(k) \quad (2)$$

ただし、林⁽²⁾ によれば $F < 0.5$ のは $F^2 k H = \tanh kH$ とする波数 k (これを k_c とおく) より大きな波数では河床波は発生しない。流速及び水面変動は時間領域で測定されているので (2) 式を用いて (1), (2) 式を周波数領域に変換する。

$$S(f) = S(k) / v_s \quad (3)$$

$$f = k v_s / 2\pi$$

ここで、 v_s は河床波の移動速度である。Fig. 2 に $S_q(k)$ と $S_q(f) / v_s$ が示されている。 v_s の値は上下流又別の砂面記録のクロスコレーションのピーク発生時刻より求めたので波数によらず一定とされている。Fig. 2 による両スペクトルの計算値は低波数域ではかなり良く一致し、 v_s が波数にそれほど依存してはいないことを示しているが、高波数域では v_s は k とともに増加しているようである。ただし、この領域は $k > k_c$ であるので v_s は波数によらずとして (1), (2) 式を周波数に変換した。河床波のスペクトラムには、実験の周波数スペクトラムを用いた。得られた S_u , S_η の計算値と実験値の比較が Fig. 3, 4, 5 に示されている。図中には k_c に対応する周波数 f_c の位置が矢印で示されている。図によれば RUN-23, 24 は $f < f_c$ において (1), (2) 式で良く近

	U (cm/sec)	H (cm)	槽勾配	F	$u_{*d}(\%)$	L_x/H
RUN-23	57.4	14.8	1/500	0.48	9.5	
RUN-24	53.1	16.0	1/500	0.42	10.0	0.91
RUN-25	37.3	13.4	1/500	0.37	9.3	0.84
厚別川	41.6	80.0	1/2000	0.15	15.8	0.87

表-1 U ; 平均流速, H ; 水深, F ; フロード数, u_* ; 摩擦速度, v_s ; 粘性係数

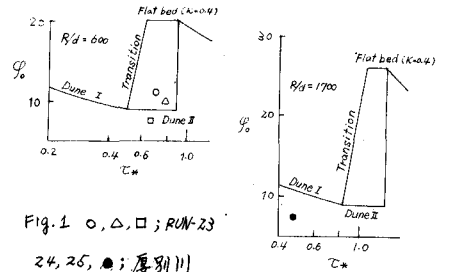


Fig. 1 ○, △, □; RUN-23, 24, 25, ●; 厚別川

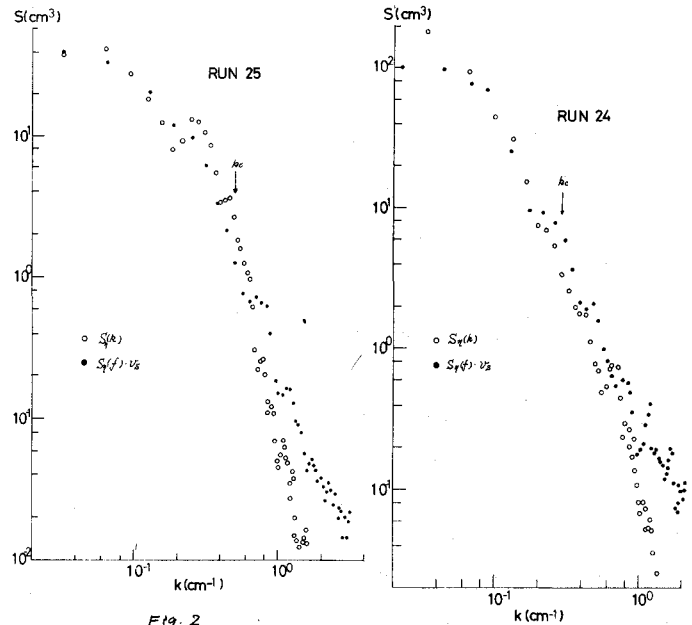


Fig. 2

似ておられるが、RUN-25は(1)、(2)式と異った傾向を持つようである。

高周波領域の流速変動；著者らは多くの自然河川での乱れの測定よりスペクトラム形状が(4)式で近似されることを確かめた。

$$S_u(f) = \frac{4U^2 T_E}{1 + (2\pi f T_E)^2} \quad (4)$$

(U^2)：乱流強度、 T_E ：タイムスケール)と、移動床流床においても次の様にしてスペクトラムを(4)式で近似してみた。流速記録から任意の時刻を5~6秒逆び、各点につきRUN-23, 24, 25では1/68sec, 厚別川では448secの記録を切り取り、これを元にしてスペクトラムを求め(4)式で近似する。Fig. 6に得られたスペクトラムが縦軸に $S_u(f)/U^2 T_E$ 横軸に $f T_E$ を取って示されている。

RUN-23は記録の読み取り間隔が大きく(4)式で近似される領域でスペクトルが計算されている。(4)式の近似によ、得られる平均的なマクロスケール L_x (局所平均流速と T_E の積の平均)は、表-1に示される様に平均水深より幾分か小さい。

Fig. 6は、乱流のスペクトラム形状は1つの流れでは測定位置による大きく変化し得ることを示している。

すなわち、RUN-25、厚別川では(4)式で良く近似されるが、RUN-24は(4)式と異ったスペクトル構造を持っている。これは、乱流エネルギーの大部分が河床波の谷で生成されることから剝離域の構造の相違によるものと考えられる。

3. 考察 以上の実験

結果において次の事に注目する。

- 1) RUN-25は potential flow 理

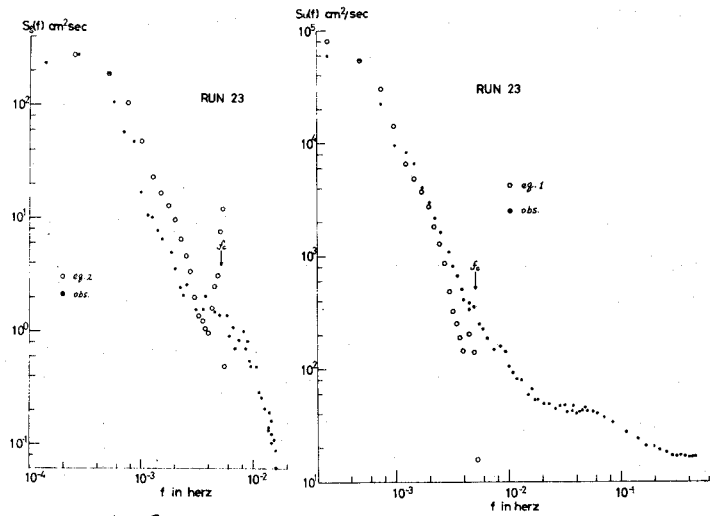


Fig. 3

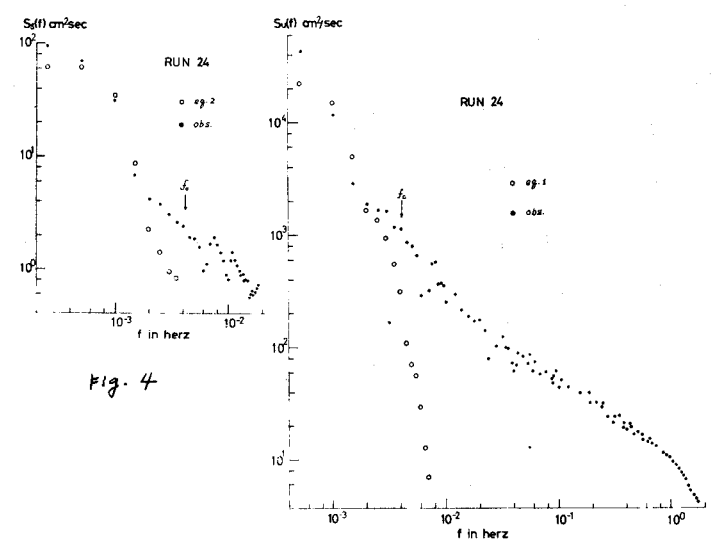


Fig. 4

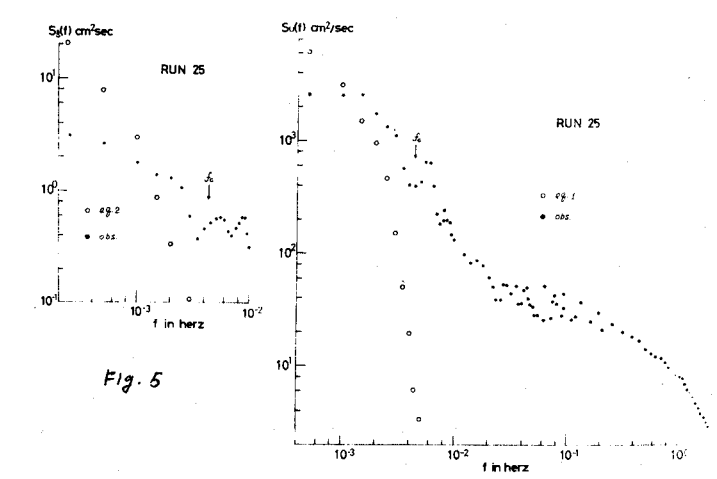


Fig. 5

論を説明できたり。

2) $k > k_c$ は、林の理論によれば河床波は発生しないが河床波スペクトラムは有意な値を持つ (Fig. 2)。また、流速変動のスペクトラムは potential flow 理論から予想されるより大きな値を持つ。

3) RUN-24 と RUN-25, 厚別川では剥離域の構造が異なる。

これらの点に関する検討; 1), 2) RUN-23, 厚別川日杉尾⁽¹⁾の手法によれば ripple の抵抗を持つようである (Fig. 7)。又、Znamenskaya⁽⁴⁾の領域区分法では flat dune に属するが (Fig. 8)、これは de_0 が F が小さい場合 ripple である。これらのことから RUN-25, 厚別川の河床波は ripple と思われ、河床波が ripple の場合 potential flow 理論は適用できると考えられる。ripple は砂粒子の性質やその移動特性などの河床近傍の物理量に支配され、水深は重要な影響を持つが水面波は発生しないとされている。Fig. 5 の水面変動のスペクトラムはこゝこゝと示している。一方、RUN-23, 24 は slanted dune に属する (Fig. 8)。Znamenskaya によれば、この河床波の特徴は河床波の谷より前欠約な流体の湧き上がりがあることであり、flat dune と剥離域の構造が異なることである。この湧き上がりが存在すれば、その発生間隔に対応して低周波領域の power の増大が予想される。

2) この領域は次に述べる理由により重要である。i) 河床面における小さな凹凸から林の理論では発生しないとされる高波数の河床波が発生する可能性がある。ii) この領域の河床波の移動速度は平均値より大きい (Fig. 2)。従って、その移動の mechanism と掃流々砂量との間に強い相関が予想される。iii) Fig. 2 は $k > k_c$ において、 k とともに U が増加する傾向を示している。Jain⁽¹⁾ が示したように、この様な波長の分散性がある場合、高波数の河床波から低波数の河床波へ power が輸送される可能性がある。

おわりに ripple と dune では流速分布及び剥離域の構造が異なることが認められた。この様な剥離域の構造の相違は河床波が充分発達した時において観察されたものである。今後、河床波の発達過程において、剥離域の渦が河床波に与える影響を検討する必要がある。

$k > k_c$ の領域は、掃流々砂量、河床波の発生、発達に重要な役割を果たしていると思われ。

実験データの整理には、当時本学々生遠藤一榮、藤田秀悦両君の熱心な協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Jain & Kennedy ; J. Fluid. Mecha. vol. 63, PP207~214 1974年
- 2) 林; A.S.C.E, HY2, vol. 96 PP357~366 1970年
- 3) 杉尾; 才24 国土学会年講 II-93 昭和45年
- 4) Znamenskaya ; Soviet Hydrology selected paper NO.3, PP253~275, 1963年
- 5) Guy, Simons & Richardson ; Geological survey pro. paper 426-1 1966年

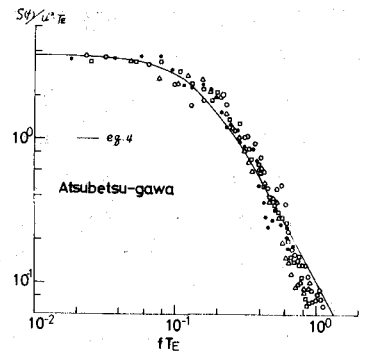
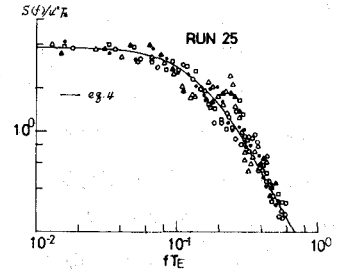
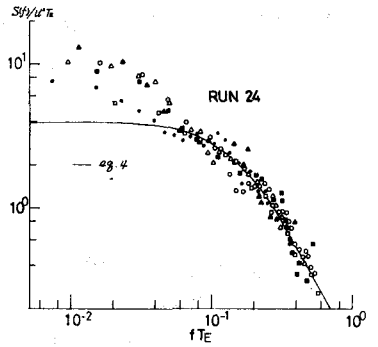


Fig. 6

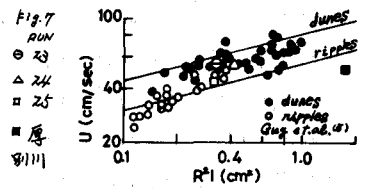


Fig. 7

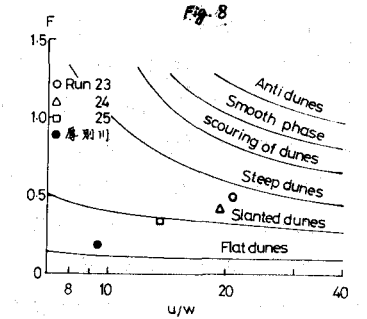


Fig. 8