

# 波動場における砂粒子の運動特性に関する研究

西松建設㈱ 正 員 ○永瀬勝彦  
鳥取大学大学院 学生員 里中悟史  
鳥取大学工学部 正 員 野田英明

1. はじめに 近年、物理的背景の明確な漂砂量式的重要性が認識されるようになってきた。本研究では、まず、(1)個々の底質粒子が、波によって移動する現象を実験的に把握する。さらに、(2)単一粒子の運動を数値計算し、実験結果と比較する。

2. 実験の概要 図-1は、本実験の概要である。アクリル板(厚さ1cm)で小型波動水槽を製作し、比重 $\rho=1.05$ 、粒径 $D=1.5\text{mm}$ の比較的軽いポリスチレン粒子を用いた。底面の粗度はアクリル板のみの滑面と、前述の粒子をほぼ一層にニスづけした薄いシートを底面にはりつけた粗面の2種類とした。また、単一粒子のほか多粒子群で運動する場合も解析した。なお、解析の対象とした範囲は、図に示した水平部(No. 1)と斜面上(No. 2~No. 16:各5cm幅)である。

3. 計算の概要 砂粒子の運動方程式は、Oseenらによって導かれた式<sup>1)</sup>からBasset項を無視した形を考え、つぎに示す3つの式をRunge-Kutta-Gill法を用いて数値計算した。

$$\frac{dU}{dt} = A_1 |u - U| (u - U) + A_2 \frac{du}{dt} - A_3 g \sin \theta$$

$$A_1 = \frac{3C_D}{4D(\rho_s/\rho + K)}, A_2 = \frac{C_M}{(\rho_s/\rho + K)}, A_3 = \frac{(\rho_s/\rho - 1)}{(\rho_s/\rho + K)}$$

$$U(t) = \frac{dX(t)}{dt}$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{U(t)}{C(X)}$$

ここに、 $U$ 、 $u$  は、それぞれ砂粒子および水粒子の速度、 $g$  は、重力加速度、 $C_D$ 、 $C_M$ 、 $K$  は、それぞれ抵抗係数、慣性力係数および付加質量係数、 $\rho_s$ 、 $\rho$  は、それぞれ砂粒子および水粒子の密度、 $X(t)$  は、時刻  $t$  における砂粒子の位置、 $\phi$  は、位相、 $C(X)$  は、位置  $X$  における波速である。図-2は、砂粒子運動の模式図である。すなわち、静止した砂粒子に岸向きに作用する水粒子速度が増加し、Komar・Miller<sup>2)</sup>の移動限界流速  $u_c$  を越

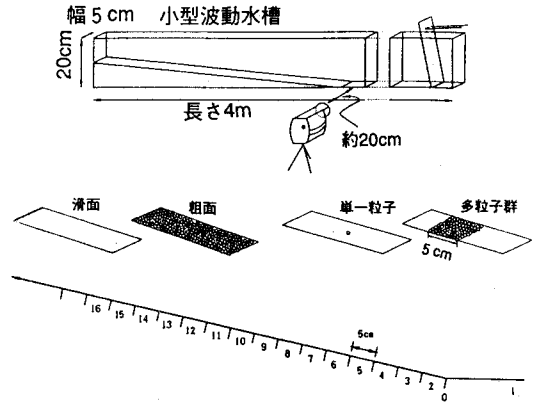


図-1 実験の概要

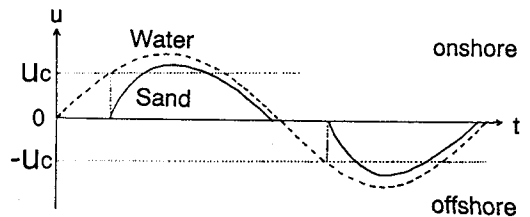


図-2 砂粒子の運動制御

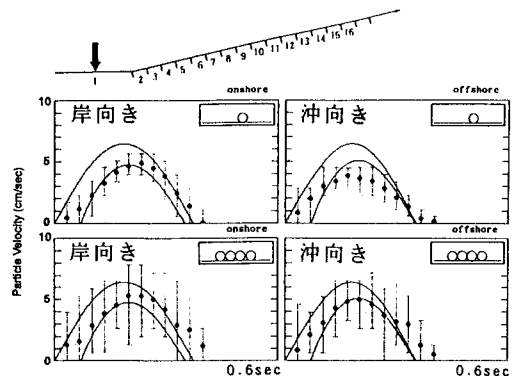


図-3 砂粒子速度の時間変化

えたとき、砂粒子は動き始める。やがて、水粒子速度は減速し $u$ 。を下回るが、砂粒子はそのまま動き続け、砂粒子速度がゼロになったときに、砂粒子は静止するものとした。

4. 結果および考察 一例として滑面上での実験結果を示す。なお、周期は $T=0.73\text{sec}$ であり、一様水深部における波高は $H=1.85\text{cm}$ である。図-3は、水平部(No.1)において球粒子の位置の時間的变化から算出した、球粒子の移動速度である。横軸は時間(枠幅は $0.6\text{sec}$ )である。●印は各位相における平均値であり、点線は各位相におけるデータのばらつきを示している。また、図中の曲線はいずれも単一粒子を用いた数値計算による砂粒子速度および水粒子速度である。この図から、単一粒子より多粒子群の場合には大きくばらついている。これは、多粒子群の場合には、運動中に他の粒子と干渉しあい、急激に加速したり、減速したりするためである。図-4(a)および(b)は、それぞれ斜面上を単一で運動する粒子の半周期移動距離および正味の移動距離を水深波長比 $h/L$ で整理したものである。いずれも粒子位置における水粒子の軌道幅 $d$ 。 $(=H/\sinh kh)$ で除して無次元化している。計算値と比較すると、冲向き移動距離はほぼ見積もっているが、岸向き移動距離は過小評価している。正味の移動距離では、計算値より実験値が岸側に大きい。また、図-5(a)および(b)は、斜面上を多粒子群で運動する場合の結果である。ただし、図中の曲線はいずれも単一粒子を用いた数値計算による結果である。単一粒子の場合と比較すると岸向き移動距離はほぼ同じであるのに対して、冲向き移動距離は大きくなっている。その結果、 $h/L \geq 0.12$ で冲向きに正味の移動をする粒子が多数存在している。

5. おわりに 今後、岸向きと冲向きの移動を別々に取り扱うとともに、多粒子群の運動モデルを開発する必要がある。

参考文献：1)Scheidegger, A. E;理論地形学, 古今書院, pp. 189~191, (1980), 2)Komar, P. D.・M. C. Miller; Sediment threshold under oscillatory waves, Proc. 15th Coastal Eng. Conf., pp. 756~775, (1974)

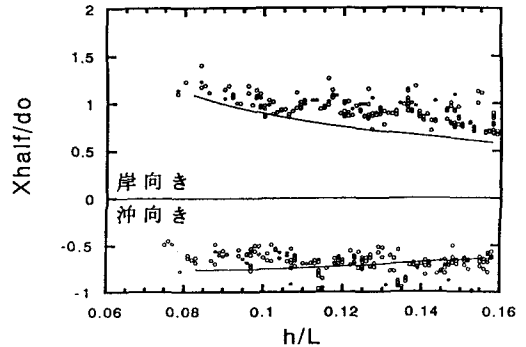


図-4 (a) 半周期移動距離 (単一粒子)

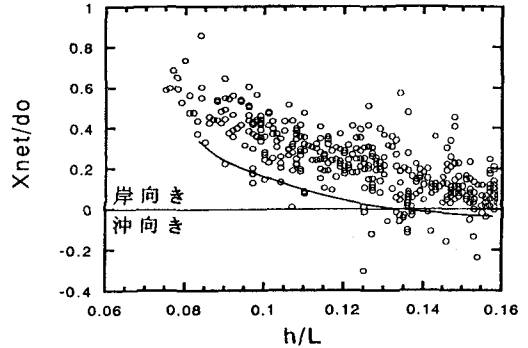


図-4 (b) 正味の移動距離 (単一粒子)

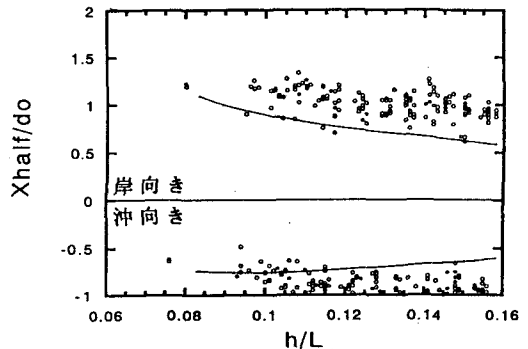


図-5 (a) 半周期移動距離 (多粒子群)

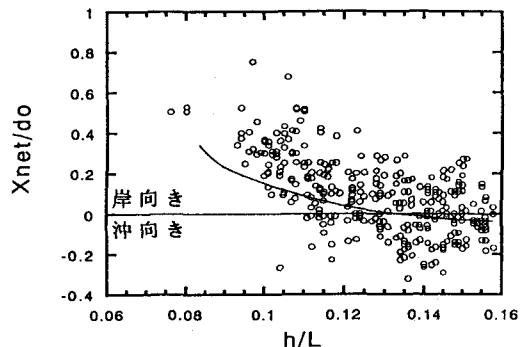


図-5 (b) 正味の移動距離 (多粒子群)