

II-414 対称波動場における底質移動機構の分類

東京大学 正会員 柴山 知也

東京大学 正会員 堀川 清司

波による底質の移動機構は、従来から移動形式によって浮遊漂砂と掃流漂砂に分類されている。しかしながら底質の移動を量的に把握しようとする場合には、さらに細かい移動形式の観察による分類が必要となる。本論では主として振動流装置を用いた実験室での観察結果をもとに、造波水路及び現地海岸での観察結果をも加えて、対称波動場における底質移動機構を分類し、それぞれの形式に対する移動量算定式に関して若干の考察を加えた。なお本論では対称な波動による流速場に考察の対象を絞っているが、この結果は容易に非対称流速場での漂砂運動に拡張され得ると思われる。

1. 移動形式の分類

振動流装置を用いて正弦振動流下における移動床実験を行なった。底質の移動機構を8mmおよび16mmカメラを用いて観察し、または目視によって観察した。この他に筆者らが過去に実施した造波水路における移動床実験の観測結果及び現地海岸における水中8mmカメラを用いた観察をも参考とした。実験室及び現地での条件を表-1～表-3に示す。これらの観察の結果、以下に示すような5つの形式に移動機構を分類した。図-1に各タイプの特徴を示す概念図を示してある。

掃流形式(BL)：底面は平坦で砂連は形成されていない。砂は掃流状態で運ばれ、移動方向は流れと同一となる。

掃流・浮遊混合形式(BST)：底面に砂連が形成され、浮遊砂雲が発生する。図-1において右方向の流速を正とし、左方向を負とすれば、正の流速時に掃流状態で移動を開始した砂の一部は砂連頂部で浮遊状態となり負の方向に運ばれる。

浮遊形式(SL)：砂連近傍に発生する渦の作用が顕著となり、浮遊状態の砂の移動が卓越することとなる。砂連波長と底面付近の水平方向水粒子軌道長径がほぼ等しい場合には、正方向流速時に掃流状態で動かした砂は負方向流速時に浮遊状態で負方向に運ばれる(SL-A)。一方砂連波長が水粒子軌道の長径に比して小さい場合には正方向流速時に浮遊した砂はそのまま正方向に運ばれる(SL-B)。

シートフロー形式(SF)：砂連が消滅し、数層にわたって砂が移動するシートフロー状態となる。砂の移動方向は流れと同一である。

これらの形式を筆者らが従来提案しているように、Jonssonの波による底面摩擦係数を用いたシールズ数 ψ_b と、浮遊砂運動の性質を表わすパラメータ u_b/w で整理しようと試みたのが図-2である。ここで u_b は底面付近の水粒子最大流速、 w は静水中の底質沈降速度である。図に示すように本実験の範囲内では比較的よく整理できると思われる。

Nielsen¹⁾は、砂連波長と水粒子軌道はシールズ数がある値に達するまではほぼ

表-1 実験条件 (振動流装置)

Run	Period s	Water Excursion m	Sediment Diameter mm	Sediment Specific Gravity
A-1	2.1-8.7	0.26-1.20	0.2	2.7
2	3.5-4.2	0.24-1.10	0.7	2.7
3	1.8-3.8	0.24-1.20	2.0	1.4
4	2.9-7.1	0.22-0.70	0.3	1.2

表-2 実験条件 (造波水路)

Run	Period s	Deep Water Wave Height cm	Initial Slope	Sediment Diameter mm
B-1	1.5	10.0	0.1	0.2
2	1.5	7.6	0.1	0.2
3	1.5	9.3	0.1	0.7
4	2.0	7.5	0.05	0.7
5	1.7	5.4	0.05	0.7
6	2.2	4.5	0.05	0.7
7	1.8	5.8	0.05	0.2

表-3 現地条件

Run	Period s	Deep Water Wave Height m	Sediment Diameter mm	Date	Field Site
C-1	5	0.35	2	Nov. 3, 1979	Sabigahama
2	7-8	0.3-0.45	10	Mar. 24, 1980	Sabigahama
3	6-10	0.25-0.75	0.4-0.5	July 4-5, 1978	Ajigaura

比例するとしており、底面摩擦係数を0.05とおいた場合の限界値をSL-AとSL-Bと分割する線として図中に参考としてひいてある。なお、シートフローの発生限界に関する香取ら²⁾の結果も同一の図にプロットしてある。

2. 底層移動量式の提案

筆者らはすでにMadsen-Grantの底層移動量公式に実験室における詳細な観察結果を加えて、BL及びSL-Aの領域に対して移動量式を提案しているが、ここでは1.で分類した各移動形式に対して、今回の定性的観察をふまえて以下のように提案する。

{掃流形式(BL)} $\bar{q} = 19 \psi_m^3$ ここで $\bar{q} = \frac{Q}{wd}$ $\bar{q}$: 周期平均体積漂砂量, w : 底層沈降速度, d : 底層粒径, ψ_m : 最大流速時の流速とJonssonの摩擦係数を用いたレイルス数, である。{掃流・浮遊混合形式(BST)} $\bar{q} = (1-2\alpha) \times 19 \psi_m^3$ ここで α は砂連斜面を移動する砂のうち、渦の作用で浮遊する砂の割合である。{浮遊形式(SL-A)} $\bar{q} = -19 N \psi_m^3$

ここで「-」は正流時に動きはじめた砂が負方向に運ばれることを示している。 N は浮遊した砂が砂連何層長分運ばれるかを表し、(水粒~~3~~粒径/砂連波長)を越えない最大の整数の値である。

{浮遊形式(SL-B)} $\bar{q} = 19 \psi_m^3$
{シートフロー形式(SF)} $\bar{q} = 19 \psi_m^3$

以上砂移動機構の観察に基づき、移動機構の分類とそれぞれのタイプに対する移動量式の考察を行ったが今後はより広い範囲で実験を行うとともに、BSTタイプにおける係数 α の決定及びSL-B及びSFにおける移動量式の実験的検証を行う予定である。またSL-AとSL-Bを分割パラメータの検討も当面の課題である。

本論では正方向流速時に移動を開始した砂の移動方向に注目して論じているがこれは非対称流速場でのNetの砂移動方向の考察にこの扱いを拡張するためである。

なおここで用いた ψ_m は $\psi_m = \frac{f_m u_*^2}{2(1-h)gd}$ f_m : Jonssonの底面摩擦係数である。
(参考文献)
1) Nielsen, P., "Some Basic Concepts of Wave Sediment Transport," Series Paper No. 20, Tech. Univ. of Denmark, 1979.

2) 香取他「シートフロー状態の底層移動に関する研究」オセ7月
海講論文集 1980.

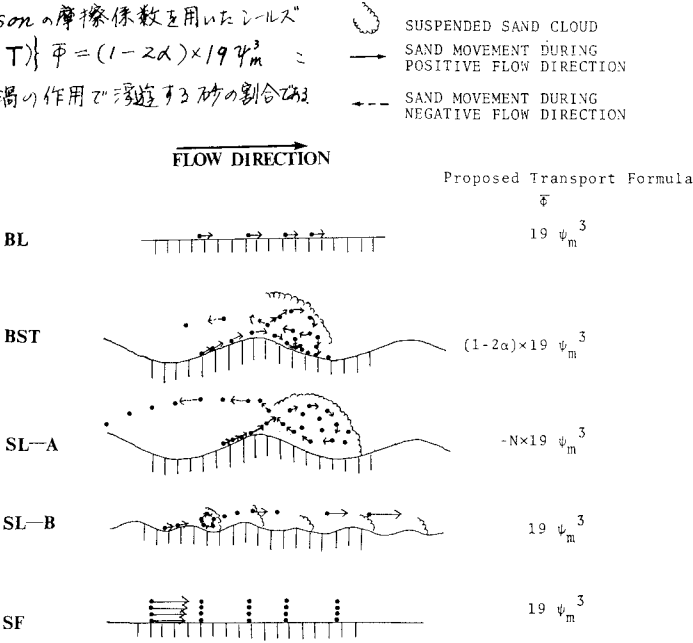


図-1. 移動形式の分類と移動量公式の提案

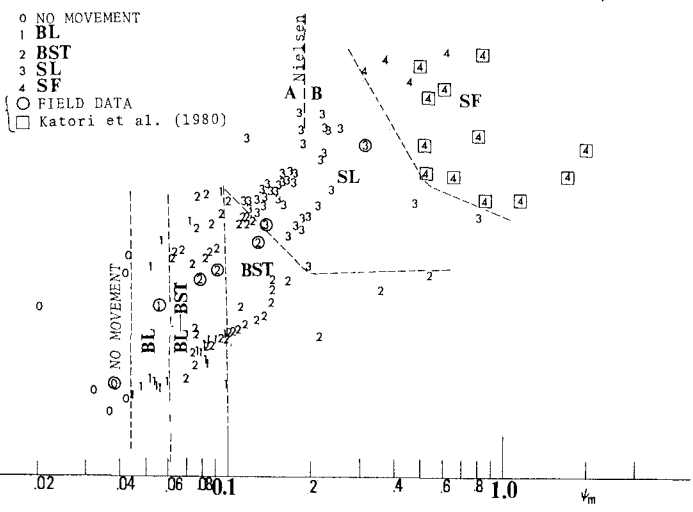


図-2 移動形式の分類