

## 吹送流・波共存場における底質移動限界

九州大学大学院総合理工学府 学生員 田畑 敦圭 九州大学大学院総合理工学府 学生員 戸谷 昭浩  
九州大学工学研究院 正会員 鷗崎 賢一 九州大学総合理工学研究院 正会員 松永 信博  
日本文理大学工学研究科 学生員 山口 裕昭 日本文理大学工学部建設都市工学科 正会員 櫛田 操

## 1. 緒論

底質の移動形態とその遷移条件、とくに初期移動限界については土屋ら(1987)が有用な知見を与えているが、いずれも波のパラメータのみによってまとめられている。しかしながら、強風時は風によって直接駆動される吹送流と波による軌道運動により、底質移動が激しくなる。田中ら(1993)は、一方向流を加えた波・流れ共存場において底質移動を調べているが、風波と吹送流が重畳している場における底質移動形態を詳細に調べた例はほとんどない。また、沿岸域における吹送流は底面に沿って逆向きの補償流を引き起こすため、底質移動はさらに複雑なものになる。そこで、本研究では波と吹送流の共存場における底質の移動限界について検討を行った。

## 2. 実験概要

実験には、長さ 32m、幅 0.60m、高さ 0.94mの二次元風洞付造波水槽を用いた。風の取込み口から風下方向にx軸を、静水面から鉛直上向きにz軸を設定した。x = 17.0mから幅 15mの区間に厚さ 10cmで砂を敷き、さらにx = 24.5mから 1mの幅で実験砂を敷いた。図-1 に実験装置の概要図、図-2 に実験砂の粒度分布を示す。x = 19mの位置において、容量式波高計を用いて水面変動を、ペーン式風速計を用いて風速を測定した。x = 27m、z = -18cmの位置において超音波式流速計で流速を測定した。表-1 に実験条件を示すRun 1 ~ 20 では実験砂の中央粒径 $d_{50}=0.082\text{mm}$ の下で、風速を4通り、造波周期を5通り変えた。Run 21 ~ 40 では $d_{50}=0.359\text{mm}$ で、Run 41 ~ 60 では $d_{50}=1.5\text{mm}$ で、風速および造波周期をRun 1 ~ 20 と同様それぞれ4通りと5通りに変化させた。一般に底質の移動限界を記述する上で式(1)で定義されるシールズ数と式(2)で定義される無次元粒径 $S_*$ が用いられる。

$$= \frac{1}{2} f \hat{u}_b^2 / s g d_{50} \quad (1)$$

$$S_* = \frac{d_{50} \sqrt{s g d_{50}}}{4\nu} \quad (2)$$

ここで、f は底面の摩擦係数であり、Swart(1974)による算定式から求められた $\hat{u}_b$ は底面における流速振幅である。s は水中比重、g は重力加速度である。

$\nu$  は水の動粘性係数である。各実験において、目視によって底質の移動形態を判断し、○：移動、△：移動(浮遊状態)、×：移動無しに分類している。吹送流に波が重畳された場においても、シールズ曲線によって底質移動限界が記述されるように $\hat{u}_b$ をいかに評価するかが問題となる。以下では $\hat{u}_b$ の見積もりについて検討する。

## 3. 実験結果

図-3 に式(1)で定義されたシールズ数と無次元粒径の関係を示す。図中のデータは、風を吹かさず、造波のみによる実験の結果を示す。図から、本実験によって得られた移動限界はシールズ曲線によってよく表されていることがわかる。波・流れ共存場においてもシールズ曲線が適用できるように、 $\hat{u}_b$ を見積もる必要がある。流速uを、吹送流成分を表す時間平均量 $\bar{u}$ と波動成分 $\tilde{u}$ に分割すると、 $\sqrt{u^2}$ は式(3)で表される。

$$\sqrt{u^2} = \sqrt{\bar{u}^2 + 2\bar{u}\tilde{u} + \tilde{u}^2} = \sqrt{\tilde{u}^2} \sqrt{1 + \frac{\bar{u}^2}{\tilde{u}^2}} \quad (3)$$

$\tilde{u}_s$  をゼロアップクロス法で求めた 1/3 有義流速振幅とし、 $\sqrt{\tilde{u}^2}$  に対してプロットしたものが図-4 である。図から、両者は係数 1.74 の線形関係にあり、 $\tilde{u}$  の確率分布はほぼレイリー分布に従うことがわかる。波と流れの共存場における代表流速を式(3)で評価し、底質移動限界がシールズ曲線で記述できるように

$$\hat{u}_b = \alpha \sqrt{u^2} \quad (4)$$

の  $\alpha$  の値を見積もると、 $\alpha = 1.4$  をとることがわかった。式(3)と式(4)を用いて評価された  $\hat{u}_b$  の値は表-1 に示されている。図-5 は  $\hat{u}_b$  と $S_*$ の関係をプロットしたものである。吹送流・波共存場における底質の移動限界はシールズ曲線によってよく記述されていることがわかる。

4. 結論

吹送流・波共存場での底質の初期移動を調べ、初期移動限界がシールドズ曲線で表すことのできるように底面流速の算定法を提案した。

【参考文献】土屋義人,坂野雅人:漂砂形態とその発生領域,海岸工学講演会論文集,第34巻,pp.222-226,1987 田中仁,AungTHU:全てのflow regimeに適用可能な波・流れ共存場抵抗則,土木学会論文集, No467/ -23, pp.93-102,1993 Swart, D.H.: Offshore sediment transport and equilibrium beach profiles, Delft Univ.Tech.Diss., Delft Hydr.Lab .Publ, 131, p.244, 1974

【謝辞】本研究を進めるにあたって、日本文理大学工学部の坂本大輔氏、生野達也氏、山本一仁氏、横馬場晃嗣氏には多大なご助力を頂きました。ここに感謝の意を表する次第です。

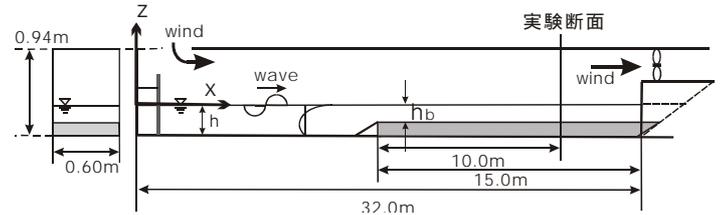


図-1 実験装置の概要

表-1 実験条件

Rm	$d_0$ (mm)	$S_s$	$U_m$ (m/s)	$T$ (s)	$\bar{u}_s$	$\bar{u}$	$\phi$	移動形態	Rm	$d_0$ (mm)	$S_s$	$U_m$ (m/s)	$T$ (s)	$\bar{u}_s$	$\bar{u}$	$\phi$	移動形態	Rm	$d_0$ (mm)	$S_s$	$U_m$ (m/s)	$T$ (s)	$\bar{u}_s$	$\bar{u}$	$\phi$	移動形態
1			0.4	2.6	-0.879	2.05E-02	-	21				0.4	2.61	1.19	1.42E-02	*	41				0.4	2.30	-0.997	1.25E-02	*	
2			1.0	10.4	-1.17	9.72E-02	○	22				1.0	21.3	0.924	0.129	○	42				1.0	18.9	-1.45	5.72E-02	*	
3			1.5	27.2	-3.22	0.399	○	23				1.5	23.6	1.53E-02	0.125	○	43				1.5	22.6	-2.30	5.71E-02	*	
4			2.0	28.2	-3.87	0.388	○	24				2.0	29.1	-0.218	0.134	○	44				2.0	28.9	-2.84	6.97E-02	*	
5			3.0	26.7	-5.88	0.312	○	25				3.0	24.9	-2.94	0.102	○	45				3.0	26.7	-4.95	3.04E-02	○	
6			0.4	11.6	-2.16	0.174	-	26				0.4	6.25	1.25	4.04E-02	*	46				0.4	4.50	-1.46	2.28E-02	*	
7			1.0	19.7	-2.46	0.269	○	27				1.0	18.4	0.819	0.103	○	47				1.0	16.0	-2.83	4.58E-02	*	
8			1.5	23.5	-2.20	0.312	○	28				1.5	18.4	-7.83E-03	6.52E-02	○	48				1.5	22.1	-2.57	5.54E-02	*	
9			2.0	29.0	-3.18	0.405	-	29				2.0	27.8	-0.670	0.143	○	49				2.0	28.4	-3.37	6.78E-02	*	
10			3.0	25.7	-6.47	0.294	○	30				3.0	25.4	-4.10	0.106	○	50				3.0	25.5	-4.96	4.70E-02	○	
11	0.082	0.722	0.4	13.2	-4.62	0.264	○	31	0.359	6.61		0.4	16.3	-1.10	0.144	○	51	1.500	56.5		0.4	12.9	-4.52	6.99E-02	*	
12			1.0	24.6	-5.76	0.389	○	32				1.0	29.3	-1.47	0.210	○	52				1.0	24.5	-6.04	8.20E-02	*	
13			1.5	28.4	-5.87	0.429	○	33				1.5	29.5	-1.43	0.177	○	53				1.5	27.4	-5.04	7.52E-02	*	
14			2.0	28.1	-5.20	0.384	○	34				2.0	27.8	-1.56	0.143	○	54				2.0	27.4	-5.83	6.43E-02	*	
15			3.0	25.9	-7.04	0.297	*	35				3.0	23.0	-6.53	9.00E-02	○	55				3.0	27.7	-7.54	5.31E-02	○	
16			0.4	19.4	-5.73	0.383	○	36				0.4	21.5	-3.29	0.213	○	56				0.4	18.1	-7.01	0.105	*	
17			1.0	24.4	-6.05	0.382	○	37				1.0	27.1	-3.39	0.186	○	57				1.0	23.1	-9.19	7.54E-02	*	
18			1.5	27.5	-6.58	0.407	○	38				1.5	28.1	-3.17	0.164	○	58				1.5	26.6	-8.28	7.22E-02	○	
19			2.0	27.3	-7.98	0.367	○	39				2.0	25.0	-5.12	0.121	○	59				2.0	24.5	-8.02	5.46E-02	○	
20			3.0	23.1	-9.53	0.248	*	40				3.0	22.3	-7.76	8.57E-02	○	60				3.0	23.0	-9.64	4.01E-02	○	

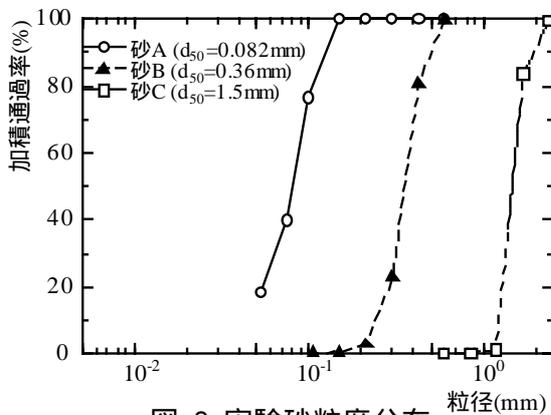


図-2 実験砂粒度分布

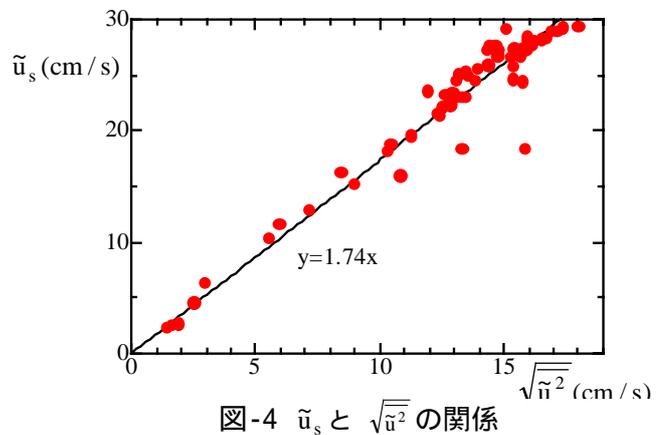


図-4  $\bar{u}_s$  と  $\sqrt{\bar{u}^2}$  の関係

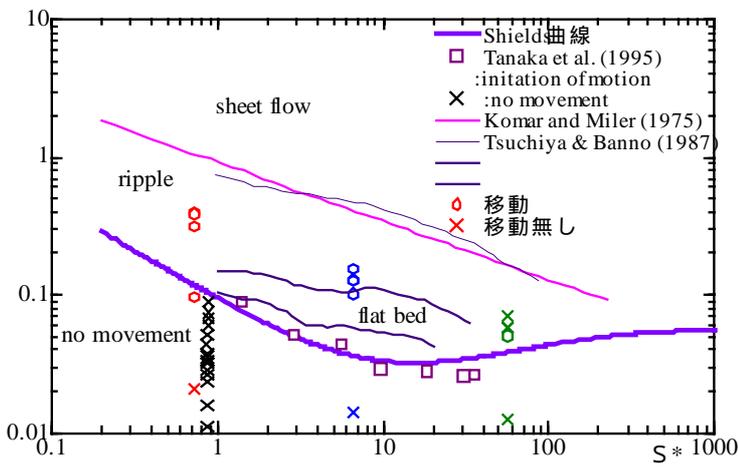


図-5 共存場における初期移動限界

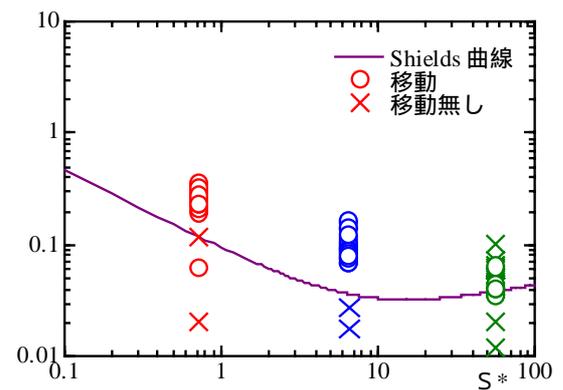


図-3 波のみの初期移動限界