

Multiple Sand Bars の地形変動特性とその数値解析

熊本大学大学院 学生会員 ○上原和朗 柴田康晴 正会員 外村隆臣 山田文彦

1. はじめに

湖沼・湾・海岸等の緩やかな海浜上では、汀線にほぼ平行な Sand Bar 列(Multiple Sand Bars)が発達することが知られている。Lau・Travis(1973)¹⁾は入射波が Multiple Sand Bars 上で複数回の碎波を繰り返し、エマネルギーの大部分を減衰させることで沿岸域の安定性に寄与していることを示した。そのため、今後予測される長期的な外力変化に伴う Sand Bar の変動を予測することは沿岸の防災管理上重要な課題である。しかし Sand Bar の発生・変動過程に関しては不明な点が多いため、本研究では 2 年以上の地形測量結果と潮流計算により Multiple Sand Bars の変動特性について検討した。

2. 現地概要

観測は有明海湾口部に近い宇土半島北部に位置する御輿来海岸において、トータルステーションを用いた地盤高測量を月 1 回の頻度で平成 15 年 7 月より実施しており、現在も継続中である。観測場所、解析手法は山田ら(2005)²⁾に詳しい。

3. Multiple Sand Bars 形状の波数スペクトル特性

Sand Bar の形状特性を把握するために、山田ら(2005)と同様に 2 次多項式を平均断面として岸沖分布形状を抽出した。ここで Sand Bar が顕著に表れている 150～420m を解析対象とし、各月のごとに波数スペクトルを計算した。なお、測定間隔は 2m である。

図-1 は波数スペクトルの結果を重ねて表示したものである。全観測期間を通じてピーク波数は $0.02 \sim 0.03\text{m}^{-1}$ の間で変動することから、Sand Bar の、卓越波長の変動の大きさは 10m 程度となり、Sand Bar の平均波長(約 40m)²⁾の 1/4 程度の変動である。

図-2 は上記結果より算出した卓越波長の時系列を示す。Sand Bar の卓越波長は 2004 年 7 月までは平均波長とほぼ等しい長さで推移しているが、2004 年 7 月以降最大で約 48m まで急激な変化を繰り返している。2004 年 9 月以降の変化は台風通過時期と一致する。つまり、卓越波長の変動は突発的な外力変動に依存し、外力変動が安定な状態に近づくと卓越波長も平衡状態に落ち着く緩和現象として捉えることができ、本観測での緩和時間(Relaxation Time)は長くても約半年程度である。

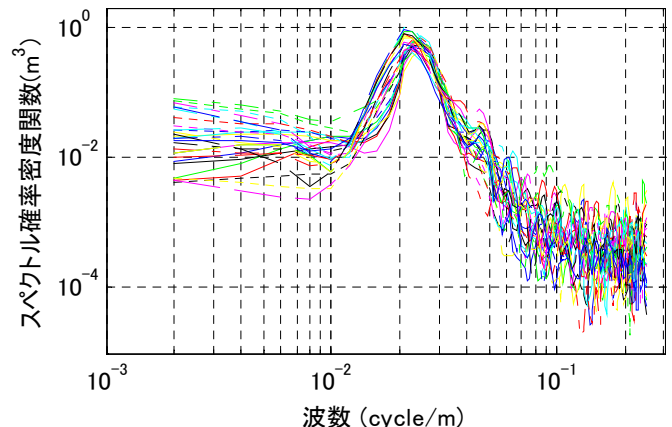


図-1 岸沖分布形状の波数スペクトル

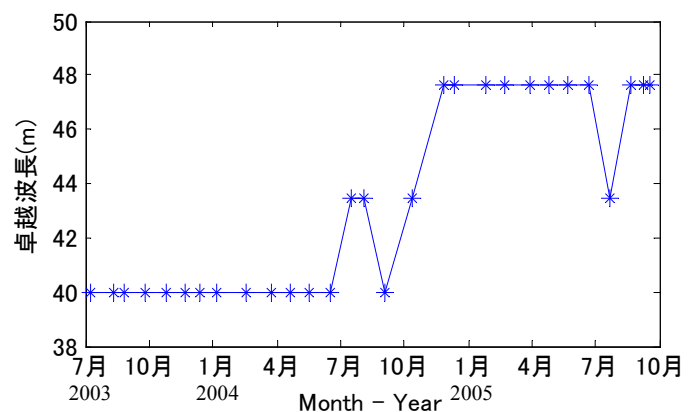


図-2 卓越波長の時系列

4. Multiple Sand Bars と潮汐の関係

4.1 潮流による Sand Bar 上の底質輸送特性

潮流のみによる影響を検討するために、平成 17 年 9 月 15 日に観測された地盤高に対し潮流計算を行った。基礎式は水深積分した平面 2 次元モデルを岸沖 1 次元方向のみに適用³⁾した以下の(1), (2)式である。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(HU) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - g \frac{|U|U}{C^2 H} \quad (2)$$

ここで、 η は水位、 H は全水深、 U は岸沖方向の平均流速、 g は重力加速度、 C はチェジー係数で $C = H^{1/6} / n$ 、 n はマニング係数である。

図-3(a)は Sand Bar 上の上・下げ潮時の最大流速の空間分布を示す。沖側境界では規則的な M2 潮(潮位差 1.35m, 周期 12.5 時間)を与えているにも係わらず、潮時による最大流速の空間分布には非対称性が顕著である。特に上げ潮時に平均水面付近の Bar Crest 部(堤防か

らの距離 300m 付近)では, 最大流速が 0.3m/s を超えており, 下げ潮時(0.1m/s 程度)の流速を大きく上回っている。

(b)図は(3)式を用いて算定したシールズ数の空間分布を示したものである(例えば Henderson, 1966)。

$$\phi = \frac{0.5f_b U^2}{g(s-1)d}; \quad f_b = \frac{2gn^2}{H^{1/3}} \quad (3)$$

一般に, 限界シールズ数(0.05)を越えると底質輸送が始まるとされており, 上げ潮時は全域の Bar Crest 付近で, 岸側への底質輸送が生じていると考えられる。しかし, 計算過程を詳細に調べたところ, 上げ潮時に限界シールズ数を越えて底質が輸送される時間は, 1 潮汐間で 30 分以下であり, 潮汐のみによる底質輸送は比較的小さいものと考えられる。

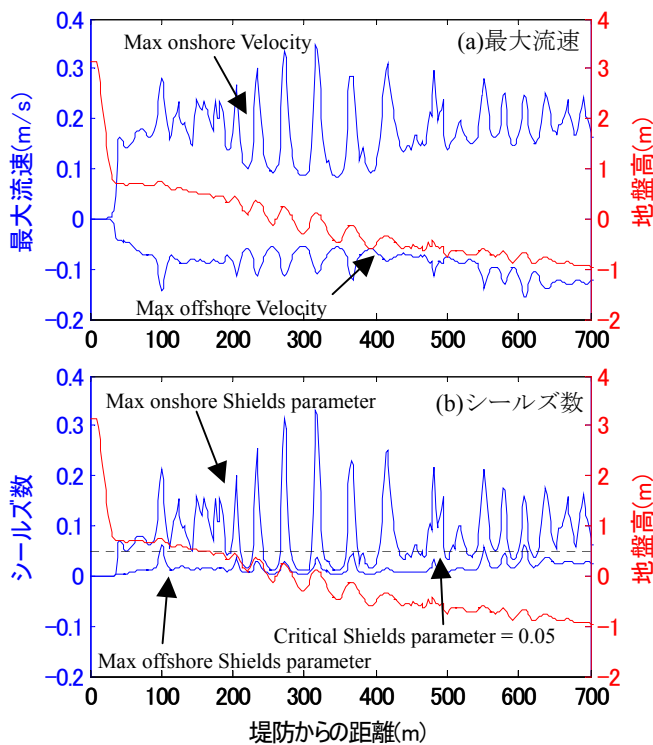


図-3 上・下げ潮時の最大流速の空間分布

4.2 Sand Bar の発生位置と潮位の関係

図-4 は Multiple Sand Bars の発生位置と潮位との関係と比較したものである。(a)は Bar Crest 標高と Bar 高の関係を示し, 平均水面(MSL)付近で高さが最大となり, 平均小潮満潮面(MHWN)と平均小潮干潮面(MLWN)に向かって小さくなる傾向を示す。(b)は熊本新港観測タワーでの満潮・干潮位の実測潮位の発生確率, (c)は潮位の移動平均速度を表示したものである。King・Williams(1949)⁴⁾によると Multiple Sand Bars が発生しやすい場所は憩流により潮位が比較的安定した場所であり, 本観測結果では平均大潮満潮面(MHWS)～平均小

潮満潮面および平均小潮干潮面～平均大潮干潮面(MLWS)付近となる。しかし実際は潮位の移動平均速度が最も大きく, 潮位が不安定な場所で発生しており, 同様の結果はイギリスやフランスの潮間帯干潟でも得られている(Masselink・Anthony,2001)⁵⁾。

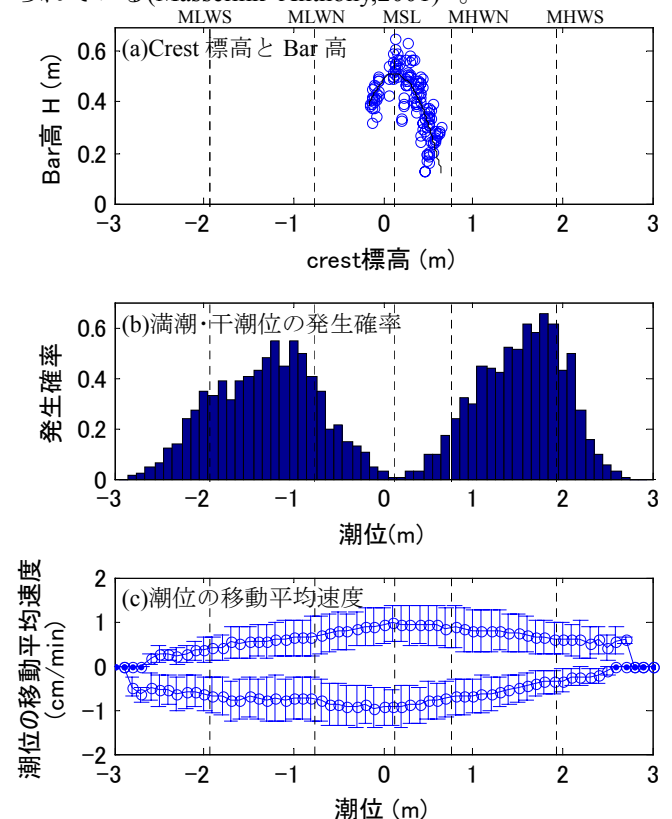


図-4 Multiple Sand Bars の発生位置と潮位の関係

5.まとめ

Multiple Sand Bars の変動特性を地盤高測量と潮流計算に基づいて検討した。卓越波長の変動は突発的な海象変動に伴う緩和現象として捉えられ, その緩和時間は約半年程度であった。また, Bar Crest 付近では上げ潮に伴って底質移動が生じるがそれは1潮汐間で30分以下である。今後は 3 次元地形測量や平面流況観測を行ってより詳細な変動過程を検討していく予定である。

参考文献

- 1)Lau, J. and B. Travis, (1973), J. of Geophysical. Research, 78, pp. 4489-4497.
- 2)山田文彦,上原和朗,中道誠,外村隆臣,由比政年,小林信久(2005) 海岸工学論文集,第 52 巻,pp496-500
- 3)Henderson, F. M.(1966) Open channel flow. Macmillan, New York, NY.
- 4)King, C. A. M., and W. W. Williams (1949), Geographical Journal, 113, pp. 70-85.
- 5)Masselink, G. and E. J. Anthony (2001), Earth Surface Process and Landforms, 26, pp. 759-774