# 干潮間の地形変化から求めた現地遡上域の漂砂量について

Sediment Transport in the Field Swash Zone for a Tide Cycle

溝口洋輔<sup>1</sup>·猪澤 悠<sup>2</sup>·水口 優<sup>3</sup>

### Yosuke MIZOGUCHI, Yu IZAWA and Masaru MIZUGUCHI

Field data observed continuously with sampling frequency of 5Hz over two years by many wave (and bottom) gages in the swash zone are analyzed. The bottom heights measured by the gages at low tides are used to evaluate the sediment transport rate in the swash zone between the tides. Relationship among the direction of the transport, the bottom profile (the slope in the swash zone) and the waves is studied. When employing offshore wave information given by NOWPHAS, Sunamura's C parameter does not show any tendency but larger wave height is likely to correspond to offshore sand transport. Local waves measured in the inner surf zone do not give any indication for the direction of transport either. Finally, waves measured in the swash zone show that offshore transport is observed for the waves of low wave steepness.

## 1. はじめに

海岸侵食という問題を解決するためには汀線付近の地 形変化のメカニズムを知ることが必要である.

島田ら(2003)は、汀線付近の侵食は重複波となる長 周期成分によってもたらされ、遡上域でエネルギーを失 う短周期波は堆積に寄与するものと推察している。山口 ら(2007)は、個々波の遡上による漂砂量の検討をし、 遡上波形の前傾度によって漂砂量の向きが決まるとした が、漂砂量の大きさについての議論は地形の測定誤差が 大きいため難しいとしている。

本研究では、漂砂量算定における測定誤差の影響を相 対的に小さくするため、漂砂量が大きくなる約24時間毎 に現れる大きな干潮から干潮までの間の地形変化から岸 沖漂砂量を求め、その岸沖漂砂量、汀線付近の地形およ び沖、砕波帯内、遡上域内の3地点の波浪の関係を検討 した.

### 2. 解析に用いたデータ

解析には、茨城県波崎海岸にある(独法)港湾空港技 術研究所(以下,港研)の観測用桟橋に空中発射型超音 波式水位計を遡上域を含む約105m区間に20台設置し、 サンプリング周波数5Hzで連続収録(期間:2002/7/12-2005/3/1)したデータを用いる.水位計は砂面露出時は 砂面を、水面が存在する時には水面位置を計測する.岸 沖方向座標は沖向きを正とし、原点は観測用桟橋の桟橋 部岸側端である.現地観測の詳しい内容は内野ら(2004) を、これまでの解析のまとめはMizuguchi・Seki(2007)

1		修(工)	五洋建設(株)
2			中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻
3	正会員	工博	中央大学教授理工学部都市環境学科

を参照されたい.

本研究では解析対象期間として,バーム形成,侵食が 繰り返される期間YM (2004/7/3~8/31),汀線が最も後 退した後の堆積期間と大規模なバーム侵食前のバーム形 成期間KM (2003/1/16~2/13,2003/6/18~7/14),台風で 大規模な侵食が起きた後の高波浪場での緩やかな侵食期 間TS (2003/9/28~10/7,2003/10/18~10/31),沖波があ る程度大きいにもかかわらず地形があまり変動しない期 間TN (2003/12/6~2004/1/16)を選んだ.

解析の例として図-1に期間YM中のcase J(侵食)と case MM(堆積)の砂面変動時系列と計算天文潮位,沖 合の波(NOWPHASの有義波高H<sub>1/3</sub>,有義波周期T<sub>1/3</sub>), 遡上域沖側のch.17地点(水深dは潮位と地形の変動によ り0.9~3.0mの範囲で変動)の水位変動パワースペクト ルから求めた長周期成分と短周期成分(境界周波数 fc=0.04Hz)の0次モーメント(m<sub>0s</sub>,m<sub>0l</sub>)の時系列を示 す.水位計記録において10秒間の変動幅が1.0cm以内の 場合は砂面が露出したと判断し,その10秒間の平均値を 砂面高と定義した.砂面高の計算間隔は10分である.

沖波の有義波高が小さい時は砂面は上昇傾向にあり, 大きい時は汀線付近の波の長周期成分も大きくなり,砂 面が低下する傾向がうかがえる.

### 3. 遡上域内の断面地形

図-1から砂面が大きく露出する大きな干潮と次の大き な干潮時の(約24時間後)の断面地形図を作成した.こ の断面地形図の侵食時の例(図-1中のcase J)を図-2 (a) に,堆積時の例(図-1中のcase MM)を図-2 (b)に示す. 波による地形変化のみを扱うために,図中に示すように 水位計データから両干潮間の最大遡上高(max uprush), 最大打ち下げ高(max downrush)を調べた.括弧内の数



図-1 砂面変動時系列と計算潮位(上段),砕波帯内汀線付近の水位変動パワー(中段)および沖合の有義波高と周期(下段)



字は発生時刻である.なお,最大遡上の発生時刻は全て のケース(162ケース)で満潮の前後1時間内であった. また,両干潮間の平均水位(mean water level),干潮時お よび満潮時の前後1時間の平均水位も併せて示す.

### 4. 遡上域内の岸沖漂砂量

2つの断面地形から砂の連続式を用い、後退差分で遡 上域内の岸沖漂砂量(沖向きを正)を計算したものの例 を図-3(a),(b)に示す.岸沖漂砂量の計算範囲は,波



による地形変化のみを扱うことを目的とするため,最大 遡上地点の沖側に限った.一方,遡上域沖側端では最大 うち下げ高地点までの地形が両干潮時ともに計測可能な 事はほとんどなく,遡上域全域で漂砂量の計算はできな かった.

# 5. 遡上域の岸沖漂砂量の向きと汀線付近の地形 と波浪の関係

遡上域の岸沖漂砂量としては, 上に述べたように計算

できる範囲が限られる事から中央部(平均汀線)での値 を代表値として用いた.ただし,以下の検討は漂砂量の 向きのみに注目したものである.汀線付近の地形条件と しては,遡上域岸側(最大遡上高地点)から平均汀線ま でのほぼ直線となる部分の勾配を用いた.波浪条件とし ては,沖合の波,砕波帯内の汀線付近の波および遡上域 内平均汀線での水位変動データを用いた.

検討の対象とするケースとして,最大遡上高が最も岸 側の測定点を大きく越えることがなく,地形が3次元性 でなく、かつ地形が直線的であるものを選出した.地形 が3次元性であるかどうかの判断は,港研のleadデータ との比較によって行った.その結果全162ケース中,上 記の条件を満たすのは96ケースであった.

なお、汀線付近の地形条件としては、既に述べたよう に満潮汀線付近の勾配tanβを用いた.算定にあたっては、 地形勾配は最大遡上高から平均汀線までの間の砂面デー タに最小自乗法を用いて直線を当てはめて求めた.その 例を図-4 (a), (b) に示すが、図-4 (b) の様なケースは 対象外とした.

### (1) 沖合の波との関係

max uprush

max uprush

0.5 ch

Qx[m<sup>3</sup>/m/1hour

-0.5

[m](.T.)[m]

沖合の波の特性を表わすものとして, 鹿島沖NOWPHAS

3 4 5 6 7 1 8 8 9 10 11 12 13 19 14 15

mean water level

offshore distance[m]

6 718 8 9 1011 12 13 19 14 15

図-3(a) 遡上域内の岸沖漂砂量 (case J, 侵食)

16

2004/7/13 07:40

2004/7/14 08:26

2004/7/13 07:40

mean water level

50

erosion

50

(水深dは約24m)の,満潮時に対応する有義波高H<sub>1/3</sub>,有 義波周期T<sub>1/3</sub>を用いた.漂砂量の向き(侵食か堆積か)に 関する従来の研究と比較するためにSunamura・Horikawa (1974)のCパラメータ(粒径d=0.18mm)との関係を調 べたものを図-5(a)に示すが,侵食,堆積が入り混じり, 傾向は見られなかった.ただし,勾配が1/30以下では侵食 は生じない.次に,有義波高H<sub>1/3</sub>が大きいときに侵食(沖向 き漂砂),小さいときに堆積(岸向き漂砂)という傾向が 見られたが,一義的な区別は難しいと考えられる.

### (2) 砕波帯内汀線付近の波との関係

砕波帯内汀線付近の波には、砂面が常に露出していない最も岸側の測定点(水深dは潮位と地形の変動により0.2~1.5mの範囲で変動)の水位変動データを用いて、 満潮前後1時間の水位変動の全パワーおよび長周期成分 (境界周波数fc=0.04Hz)のパワーm<sub>01</sub>を用いた.結果は 図-6(a),(b)に示すが、データがばらつき、何の傾向 も見られなかった.ピーク周波数を用いて波形勾配での 整理も試みたが、同様に何の傾向も見られなかった.こ の理由としては、入射波と反射波を分離しないと波のパ ワーを正確に評価できないためと考えられる.





図-4(b) 満潮汀線付近の地形勾配の算定(急勾配, tanβ=0.073)



図-5(a) 沖合の波(Cパラメータ)と地形勾配と岸沖漂砂量の 向きの関係(粒径d=0.18mm)



図-6(a) 砕波帯内汀線付近の波のパワーと地形勾配と岸沖漂 砂量の向きの関係

#### (3) 遡上域内の波との関係

遡上域内の波としては、満潮前後1時間の平均汀線付 近の水位計データを波別解析して求めた平均振幅a<sub>s avg.</sub>と 平均周期T<sub>s avg</sub>を用いた. 遡上域内の波の振幅a<sub>s</sub>は砂面か ら測定した波峰高とし、周期T<sub>s</sub>は波峰から次の波峰まで の時間として定義した. 図-7 (a),(b) にそれぞれ長周 期波の大きい場合(侵食時),ほとんど無い場合(堆積 時)の例を示す.それぞれの場合の振幅と周期の結合分 布を図-8 (a),(b) に示す.堆積時に比べて,侵食時の 方が振幅の大きい波が多く,周期も長い波が多いことが 見て取れる.

遡上域内の波の平均振幅と平均周期を用いた波形勾配 a<sub>s avg</sub>/T<sub>s avg</sub>と地形勾配で整理した岸沖漂砂量の向きとの関係を図-9に示す.なおここで取り上げたケースは岸沖漂 砂量の絶対値の大きいものから,侵食時については7ケ ース,堆積時については5ケースである.波形勾配が緩い時ほど侵食(沖向き漂砂)となり,急な時ほど堆積



図-5(b) 沖合の波(有義波高H<sub>1/3</sub>)と地形勾配と岸沖漂砂量の 向きの関係



図-6(b) 砕波帯内汀線付近の波の長周期成分のパワーと地形 勾配と岸沖漂砂量の向きの関係

(岸向き漂砂)という傾向になった.また,地形条件に 関しては,漂砂の向き(岸向き,沖向き)に満潮汀線付 近の勾配は関係ないと考えられる

### 6.まとめ

長期間にわたる連続した現地観測データをもとに,干 潮から干潮までの約24時間という時間スケールで解析を 行った.その結果,遡上域内の岸沖漂砂量の向きについ て,以下のような結論を得た.

- ①沖合の波の特性と前浜地形勾配で整理すると、Cパラメータとは相関がないものの、有義波高が大きい時に 侵食(沖向き漂砂)となった。
- ②砕波帯内汀線付近の波と地形勾配を用いて整理したが、傾向は見られなかった。
- ③遡上域内の波と地形勾配を用いて整理したところ,波 形勾配が緩い時ほど侵食(沖向き漂砂)され,波形勾 配が急な時ほど堆積(岸向き漂砂)する.



図-9 遡上域内の波の波形勾配(a<sub>s avg</sub>/T<sub>s avg</sub>)と地形勾配と岸 沖漂砂量の向きの関係

以上,現地における短周期波と長周期波が混在する場 での汀線付近の漂砂方向は,従来のCパラメータによる 整理は難しく,遡上域内での波浪条件を直接用いること により分類可能になると考えられる.



図-7(b) 遡上域内の水位の時系列(case MM, 堆積)



(case MM, 堆積, 496波)

謝辞:本現地観測では柳嶋慎一さんをはじめとする(独法)港湾空港技術研究所漂砂研究室の関係者の皆様に多大な協力を頂いた.解析に際しては中央大学理工学部土木工 学科卒研生鈴木隆大君,中川朋揮君,道下一輝君の,論文 作成に際しては中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻 岡本弘君の多大な協力を得た.また,NOWPHASのデー タを使用させて頂いた.ここに記して感謝の意を表する.

#### 参考文献

- 内野敬太・山口隼人・関 克己・水口 優 (2004):大規模侵 食時における汀線近傍の漂砂量・地形変化・波浪特性, 海岸工学論文集,第51巻, pp.446-450.
- 島田玄太・内野敬太・関 克己・水口 優 (2003):高波浪時 における汀線近傍の地形変化に及ぼす長周期波と短周期 波の役割,海岸工学論文集,第50巻, pp.531-535.
- 山口隼人・堤 浩司・鈴村 聡・関 克己・水口 優 (2007):高波浪時における遡上域付近の波の特性と岸沖 漂砂量について,海岸工学論文集,第54巻, pp.496-500.
- Mizuguchi, M and K. Seki (2007) : Field observation of waves and topographical change near the shoreline, Asian and Pacific Coasts 2007, CD-ROM.
- Sunamura, T and K. Horikawa (1974) : Two-dimensional beach transformation due to waves, Proc.14<sup>th</sup> Conf. on Coastal Eng., ASCE, pp.920-938.