

個々の波に着目した汀線付近における岸沖漂砂量モデルについて

Cross-shore Sediment Transport Rate Model for Individual Waves in the Swash Zone

土木工学専攻 32号 八百 勇介

YAO Yusuke

1. 研究背景・目的

海岸侵食という問題の解決には、汀線付近の波の挙動と地形変化のメカニズムを知ることが重要である。山口ら(2007)¹⁾は、現地遡上域において個々の遡上波による岸沖漂砂量モデルの構築を試みた。そして、漂砂量の向きは波形の前傾度により支配されているとしたが、漂砂量の大きさについては地形の測定誤差が大きいため難しいとしている。また、溝口ら(2009)²⁾は、漂砂量算定における測定誤差を相対的に小さくするため、24時間毎に現れる低低潮の間において地形と波浪の関係を検討した。しかし、砂面変動とその原因となる波との対応を推定することが困難となった。

また、池田(2010)³⁾は実験で取得した水面形から断面平均流速を求め、モデル式を用いて岸沖漂砂量との関連性について検討した。その結果、遡上域における漂砂は run-up 時は岸向き、run-down 時は沖向きとなることが確認された。量としては、run-up 時には Shields 数の 3/2 乗に比例する形となったが、run-down 時にはばらつく結果となった。

以上を踏まえ本研究では、現地観測において個々の波に着目した精度の良いデータを抽出・解析した上で断面平均流速を算出し、汀線付近の岸沖漂砂量モデルについて検討する。

2. 現地観測概要

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の観測用栈橋に空中発射型超音波式水位計を、遡上域を含む約 120m 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: 2008/07/24-2009/10/29)したデータを使用した。水位計について、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。なお、岸沖方向座標は沖向きを正とし、原点は観測用栈橋の栈橋部岸側端である。

3. 解析対象ケースの作成

大侵食が生じた期間付近の生データを用いて、個々の波に着目した水面・砂面変動のデータケースを作成した。同一の 1 波が各測点の水位計によって収録された様子を図-1 に示す。これを 1 ケースとする。全ケース (30 ケース) を時系列に並べたものを図-2 (2 段目) に示す。なお、2 段目の縦軸の地形勾配 $\tan \beta$ は遡上域内において最小自乗法により評価し、図中の赤プロットは図-1 のケース (次章からも同一ケース) を表す。

図-2 の 2 段目について、侵食中におけるケースはほとんどないが、これは最岸測点 (ch.0) を突破している波が多く、漂砂量や流量を正しく評価できなかったためである。

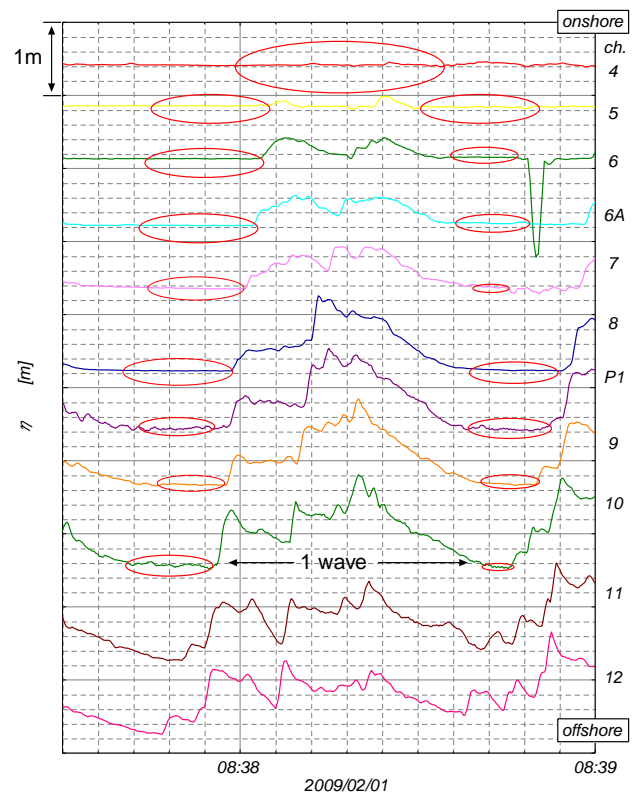


図-1 データケースの一例 (赤丸位置で砂面を目読み)

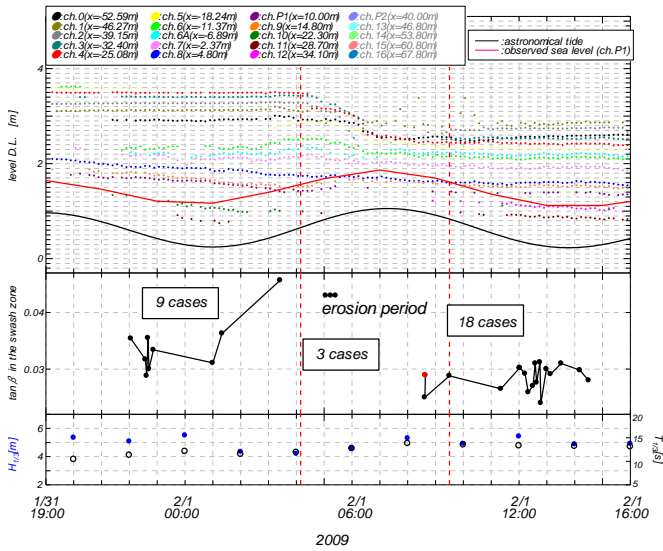


図-2 砂面時系列及び潮位データ（1段目），解析対象ケース及び遡上域内の地形勾配（2段目，赤プロット：一例のケース），沖波の有義波高及び有義波周期（3段目）（赤破線内：大侵食期間）

4. 断面地形図及び岸沖漂砂量

図-1の赤丸の位置で目視により読み取った砂面高から1波前後の断面地形図を描いた。それを図-3（上図）に示す。また，その断面地形図から砂の連続式(1)を用いて，後退差分により離散化し，岸沖漂砂量の算出を行った。計算範囲は波による砂の移動量を把握するため，波を感知した最も岸側測点の1つ岸側を不動点とし，沖側境界は砂面露出最沖測点までとした。算出結果の岸沖漂砂量分布 Q_x 及び砂面の上下変動量 Δz の一例を図-3（下図）に示す。

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -\frac{\partial Q_x}{\partial x} \quad \dots (1)$$

ここで， Q_x ：各測点における1waveあたりの岸沖漂砂量 [$m^2/1wave$]（岸向きを正）， z ：鉛直高さ(D.L.)[m]である。

図-3を見ると，ch.4~6付近では沖側に，ch.6A~10付近では岸側に砂が移動することで，ch.6付近の砂面が上昇していることがわかる。

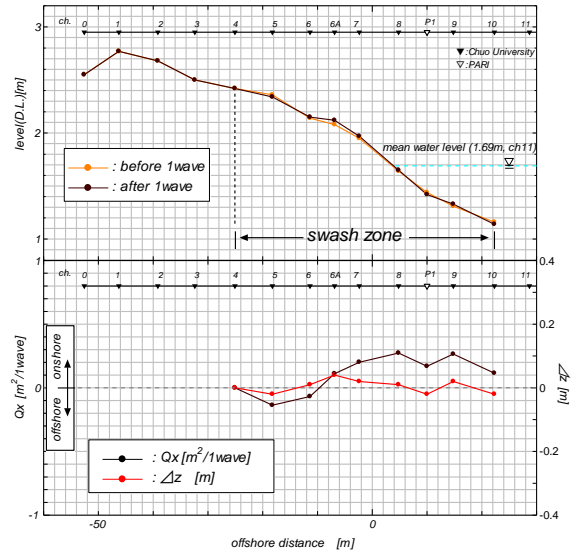


図-3 断面地形図（上図）と岸沖漂砂量分布 Q_x 及び砂面の上下変動量 Δz （下図）の一例

5. 単位幅流量の算出

各測点における単位幅流量 $q[m^2/s]$ （岸向きが正）をその測点より岸側の水位データから連続式を用いて算出した。図-4に1波にかけての単位幅流量 q の時系列の算出例を示す。なお，岸沖方向に流量のデータが激しく上下動することを抑えるために，水位データにはその点を含めたデータ数5個（片幅2個）で，流量にはデータ数11個（片幅5個）で平滑化を施した。

算出結果から全ケースの各測点における1波平均における流量を求めた。そして，流量算出における精度の検討を行うために各測点の最大値，最小値に対する1波平均の流量の割合を求めた。

その結果，ほとんどのケースの測点で相対誤差が約0~2%前後となったが，岸側の測点ほど大きくなる傾向となった。（最大約5%）そのため，流量算出時に使用する測点が少なくなる遡上域内岸側4つの測点については除外し解析することとした。

6. 断面平均流速の算出

断面平均流速 $U[m/s]$ （岸向きが正）は，式(2)のように単位幅流量 q を各時点での水深 h で除すことで求めた。図-5にその算出結果を示す。また，各測点における1波の間で水深10cm未満の時点では，水深が微小であるため正しく流速を評価できないと判断し $U=0$ とした。

$$U(x,t) = \frac{q(x,t)}{h(x,t)} \quad \dots (2)$$

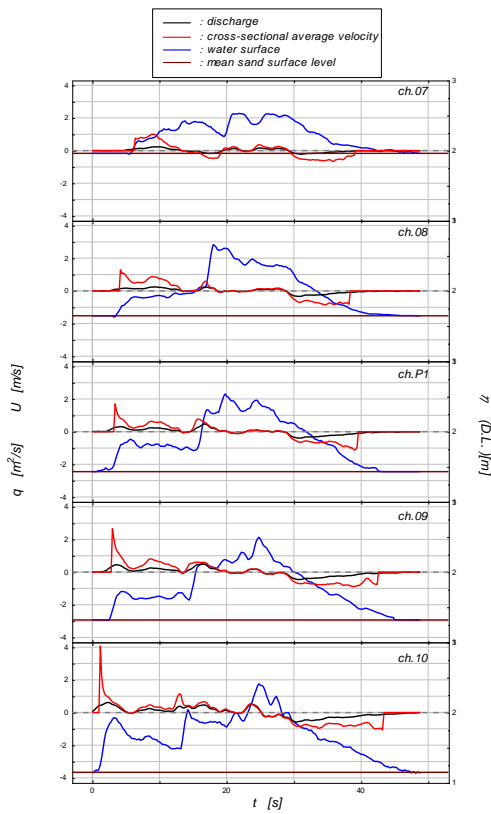


図-4 各測点の水面変動及び単位幅流量，断面平均流速の一例（岸向き：正，水深 10cm 未満は $U=0$ とする）

7. 実験との比較

ここで，現地と実験との流量及び流速を比較したい。池田（2010）は，実験における長・短周期合成波 $w(0.7+3.5)$ （長・短周期波成分 $T=3.5s, 0.7s$ ）の遡上波の波形から流量及び流速を算出した。その結果を図-5 に示す。図-4 の遡上域沖端の測点（ch.10）と比較すると現地と実験室ともに，流量，流速が run-up 時は岸向きに，run-down 時は冲向きとなっていることがわかる。しかし，遡上波先端の水位の立ち上がりの流速が実験室より現地の方がかなり卓越していることが見て取れる。

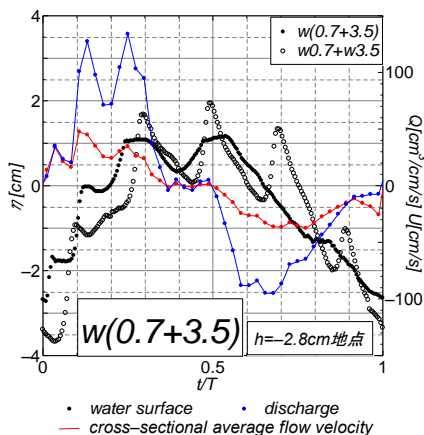


図-5 遡上域沖端における水位データ，単位幅流量，断面平均流速

8. 個々波による岸沖漂砂量のモデル化の検討

8.1 実験結果をもとにした掃流パラメータの検討

前章までに求めた流速から算出する掃流力の効果と岸沖漂砂量との関係を検討する。

まず，1 波間における $U>0$ の時点を run-up 時， $U<0$ の時点を run-down 時と仮定する。そして，掃流力による砂移動を表現するパラメータとして，前章の池田（2010）の実験結果を参考に run-up 時と run-down 時それぞれ X_{up} 及び X_{down} を式(6)，(7)のように定義する。

$$X_{up} = \int U|U|^2 dt \quad (U>0) \quad \dots(8.1)$$

$$X_{down} = \int U|U|^2 dt \quad (U<0) \quad \dots(8.2)$$

ただし， U [m/s]：断面平均流速， dt ：0.2s（5Hz）とする。

図-6 に X_{up} 及び X_{down} と 1 波における net の実測の岸沖漂砂量 Q_x との関係を示す。

ここで，run-up/down 時それぞれの掃流パラメータと岸沖漂砂量との関係について考察する。run-up 時の掃流パラメータ (X_{up}) が run-down 時のそれ (X_{down}) より大きければ，冲向き漂砂となることが期待される。反対に，run-up 時の掃流パラメータ (X_{up}) が run-down 時のそれ (X_{down}) より小さければ，岸向き漂砂となることが期待される。

しかし，図-6 を見ると，そのような傾向は見られずばらついた。これは，掃流パラメータの関数形が掃流力を表現するのにふさわしくないと解釈できる。そこで，次節ではどういった関数形が岸沖漂砂量との関係を説明する上で適当か検討する。

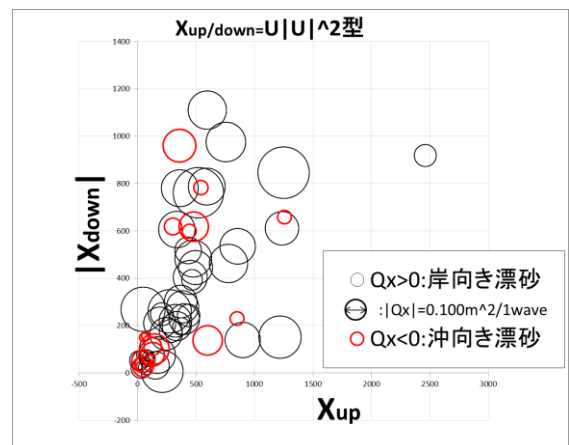


図-6 X_{up} と X_{down} ， Q_x との関係 ($X_{up/down}=U|U|^2$ 型)

8.2 掃流パラメータの適用性の検討

岸沖漂砂量を説明する上でどういった掃流パラメータの関数形が良好な適用性となるか検討する。試行錯誤した掃流パラメータ $X_{up/down}$ の型の結果を図-7(a)~(c)に示す。試した型の種類は U/U 型, U/U^3 型, $U\sqrt{|U|}$ 型, Uh/U 型, Uh/U^2 型, Uh/U^3 型, $Uh\sqrt{|U|}$ 型である。その結果, 図-8 に示される Uh/U 型が比較的良好な傾向となった。

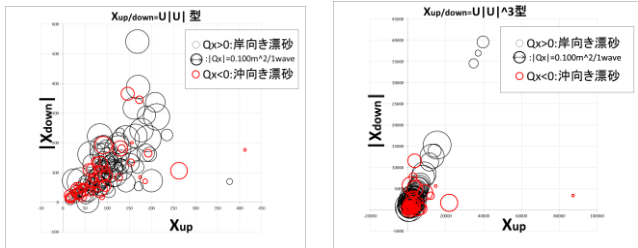


図-7(a) X_{up} と X_{down} , Qx との関係

左図 ($X_{up/down}=U/U$ 型) 右図 ($X_{up/down}=U/U^3$ 型)

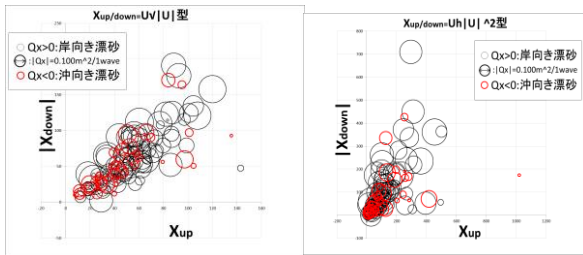


図-7(b) X_{up} と X_{down} , Qx との関係

左図 ($X_{up/down}=U\sqrt{|U|}$ 型) 右図 ($X_{up/down}=Uh/U^2$ 型)

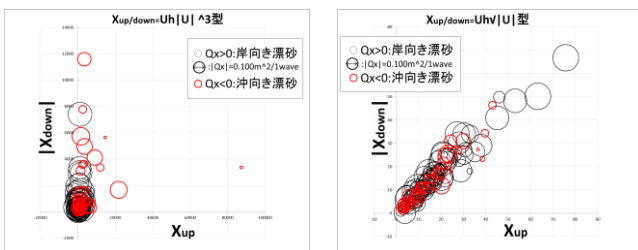


図-7(c) X_{up} と X_{down} , Qx との関係

左図 ($X_{up/down}=Uh/U^3$ 型) 右図 ($X_{up/down}=Uh\sqrt{|U|}$ 型)

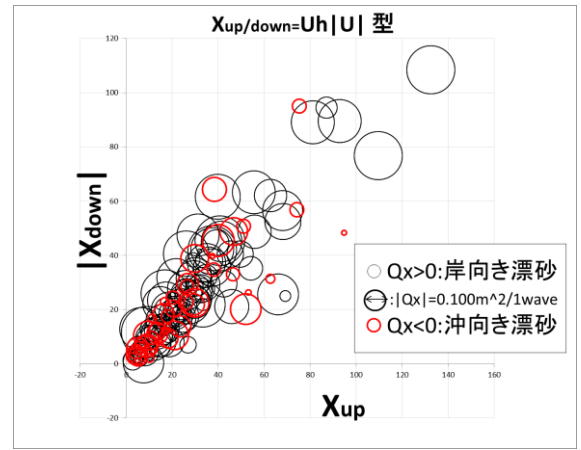


図-8 X_{up} と X_{down} , Qx との関係
($X_{up/down}=Uh/U$ 型)

9. 結論

本研究では, 現地観測における個々波の水位データから流量・流速を算出し, 流速を用いた run-up, run-down 時それぞれの掃流パラメータと 1 波における正味の岸沖漂砂量との関係について検討した。

以下に本研究での結論を示す。

- ① 遡上域の掃流力の効果を Uh/U 型の関数形により評価した掃流パラメータと岸沖漂砂量との関係性において比較的良好な傾向がみられる。
- ② 実験と同様, 現地観測の水位データからも 1 波間の流量・流速を確からしく算出できる。

10. 今後の課題

以下に今後の課題を示す。

- ・ 掃流力の効果を表す掃流パラメータとして, run-up と run-down 時で異なる関数形となる可能性も含め検討する。
- ・ 岸沖漂砂量モデルについて, 斜面勾配の効果や浮遊砂の影響を考慮に入れる。

参考文献

- 1) 山口隼人・堤 浩司・鈴木 聡・関 克己・水口 優(2007) : 海岸工学論文集, 第 57 巻, pp.496-500
- 2) 溝口洋輔・猪澤 悠・水口 優(2009): 土木学会論文集 B2-65, No.1, 2009, pp.591-595
- 3) 池田 仁・岡本 弘・水口 優(2010) : 土木学会論文集 (海岸工学) Vol.66, No.1, 2010, pp.426-430