

平均潮位の年周期変動を考慮した干潟地形の岸沖分布の逆解析に関する研究

熊本大学 学生員○辻川泰人 土田将己 中道誠
正会員 山田文彦 外村隆臣

1. はじめに

地球温暖化による海面上昇の影響で、特に内湾域に存在する干潟は、容易に変形・消失することが懸念されている¹⁾。そのため、海面上昇に伴う将来的な干潟地形の時空間変動を評価することは、沿岸環境管理上、重要な検討課題である。本研究は、約2年にわたる月単位の現地観測結果より、河口干潟の時空間変動特性を把握し、その要因となる外力の時系列変動を抽出した。また、その外力の時系列変動を用いた干潟地形の逆解析手法を提案し、仮定の妥当性や予測精度について検討を行った。

2. 干潟地形の時空間変動特性

有明海中央部に位置する熊本県白川河口域に広がる干潟上において、2000年12月から干潟地盤高の現地観測²⁾を実施しており、現在も継続中である。山田ら(2003)³⁾は、2001年2月～2002年12月に観測された19回の干潟岸沖分布には砂浜に特有のBar地形が見られないため、(1)式のように、その岸沖分布を2次多項式で近似し(図-1)、空間分布と時間変動項とを変数分離するデータ解析手法を提案し、その妥当性を示した(表-1)。

$$z(t, x) = -a(t)x^2 - b(t)x + c(t) \quad (1)$$

ここで、 z は観測した地盤高、 t は時間、 x は堤防から沖への水平距離、 a, b, c は時間のみに依存したパラメータで、最小自乗近似で決定される。

さらに、干潟地形の時系列変動の物理的解釈を普遍的にするために、(2)～(4)式に示す3つの地形パラメータ(凹凸度 Q ・平均勾配 S ・鉛直変位 D)を導入し、それらを外力(平均潮位・潮位差・波浪・風・河川流量など)の時系列変動と直接比較することで、干潟地形変化に対する外力の要因分析を行なった。

$$Q(t) = a(t) \cdot \left(\frac{x_2 - x_1}{2} \right)^2 \quad (2)$$

$$S(t) = a(t) \cdot (x_1 + x_2) + b(t) \quad (3)$$

$$D(t) = -\frac{(a(t) - a_m)}{3} (x_2^2 + x_1 x_2 + x_1^2) - \frac{(b(t) - b_m)}{2} (x_2 + x_1) + (c(t) - c_m) \quad (4)$$

ここで、 x_1, x_2 はデータ解析範囲の始点・終点を示し、今回は $x_1 = 100m, x_2 = 1,050m$ である。また、 a_m, b_m, c_m は過去19回の観測結果から得られる平均断面に2次多項式近似法を適用して得られるパラメータである。

要因分析の結果、凹凸度 Q の外力要因は明確には特定できなかったが、平均勾配 S と鉛直変位 D については、年周期変動を行う平均潮位 η_{56} との相関性が高く、それぞれ(5)式を用いることで、実測された平均潮位 η_{56} の時系列から平均勾配 S と鉛直変位 D の時系列が比較的精度良く評価できることが分かった。

$$D(t) = A[\eta_{56}(t) - \eta_0] \quad , \quad S(t) = -\frac{\eta_{56}(t)}{L_c} + S_0 \quad (5)$$

ここで、 A は平均潮位の昇量に対する干潟の鉛直変位量を表す定数、 η_0 は η_{56} のシフト量であり、 $D=0$ の時 $\eta_{56}(t) = \eta_0$ である。次に、 L_c は平均潮位の変動による地形勾配の変化を表す代表スケール、 S_0 は $S(t)$ のシフト量であり、 $\eta_{56}(t) = 0$ の時 $S(t) = S_0$ である。回帰分析により求めた各係数の値は、山田ら(2003)³⁾を参照していただきたい。

3. 平均潮位の時間変動を用いた干潟地形の逆解析

ここでは、実測された平均潮位の時系列変動から干潟地形の岸沖分布を推定する逆解析手法を提案し、その予測精度について検討を行う。

逆解析手法の概略は以下の通りである。

手順1

解析対象期間の観測値より平均断面を求め、2次多項式近似法によりパラメータ a_m, b_m, c_m を求める。

仮定1

現状では(2)式の凹凸度 Q およびパラメータ a の時間変動と平均潮位 η_{56} の時系列の間には明確な相関関係は認められないが、表-1に示すようにパラメータ a の値とその変動は他に比べると非常に小さい。そこで、まず $a(t) = a_m$ 、つまり一定値と仮定する。

手順2

(5)式を用いて平均潮位 η_{56} から平均勾配の時系列 $S(t)$ を求め、(3)式を変形した(6)式によりパラメータ b の時系列の推定値 $\hat{b}(t)$ を求める。

$$\hat{b}(t) = S(t) - a_m \cdot (x_1 + x_2) \quad (6)$$

手順3

(5)式を用いて平均潮位 η_{56} から鉛直変位の時系列

$D(t)$ を求め、(4)式を変形した(7)式によりパラメータ c の時系列の推定値を $\tilde{c}(t)$ 求める。

$$\tilde{c}(t) = D(t) + \frac{(\tilde{b}(t) - b_m)}{2}(x_2 + x_1) + c_m \quad (7)$$

手順 4

推定したパラメータ $a_m, \tilde{b}(t), \tilde{c}(t)$ を用いて、2 次多項式(8)式により、干潟地形の時空間分布 $\tilde{z}(t, x)$ を求める。

$$\tilde{z}(t, x) = -a_m x^2 - \tilde{b}(t)x + \tilde{c}(t) \quad (8)$$

以上の4つの手順を、2001年2月～2002年12月の19回の観測に適用した。適用結果の一例を図-2に示すが、定性的には実測値を表現している。次に、近似誤差 ε を(9)式のように定義し、推定精度を定量的に検討した(表-2)。

$$\varepsilon = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |Z_n - (-a_m x_n - \tilde{b}(t)x_n + \tilde{c}(t))| \quad (9)$$

ここで、 N は今回のデータ解析範囲に含まれる観測線上の測点数であり、今回は $N=20$ である。

この表より、本逆解析手法では、実測された平均潮位 η_{so} のみを入力値とし、またパラメータ a は一定値と仮定する簡便な手法であるにもかかわらず、測量誤差程度で地形の岸沖分布を推定できており、十分な精度を有している事が確認できる。

4. まとめ

河口干潟地形の時空間変動の外力要因としては、平均潮位の年周期変動が考えられる事を観測データに基づいて明らかにした。また、この平均潮位の時系列より干潟地形を推定する逆解析手法を提案し、その妥当性を確認した。今後は、平均潮位の上昇に伴って、なぜ干潟地形も上昇するかなどメカニズムについて検討を行っていく予定である。

<参考文献>

- 1) Dyer, K. R., Christie, M. C., and Wright, E. W.(2000): Cont. Shelf Res., 20, pp.1039-1060.
- 2) Yamada, F. and N.Kobayashi. (2003): Res. Rep., No. CACR-03-02, p.192
- 3) 山田文彦, 小林信久, 柿木哲哉(2003): 海岸工学論文集, 50 (1), pp.551-555.

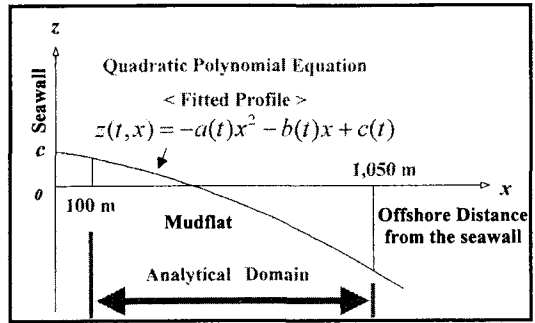


図-1 二次多項式近似

表-1 二次多項式近似の適用結果

	Left				Right			
	$a \times 10^7$ (m^{-1})	$b \times 10^3$	$c \times 10$ (cm)	$\varepsilon \times 10^2$ (cm)	$a \times 10^7$ (m^{-1})	$b \times 10^3$ (cm)	$c \times 10$ (cm)	$\varepsilon \times 10^2$ (cm)
max	7.76	0.60	23.1	2.85	4.55	1.26	46.8	2.72
min	4.48	0.22	8.90	1.27	1.58	0.93	37.2	1.18
mean	5.82	0.40	16.9	2.16	3.14	1.11	41.7	1.89

$$\varepsilon = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |Z_n - (-a x_n - b x_n + c)|$$

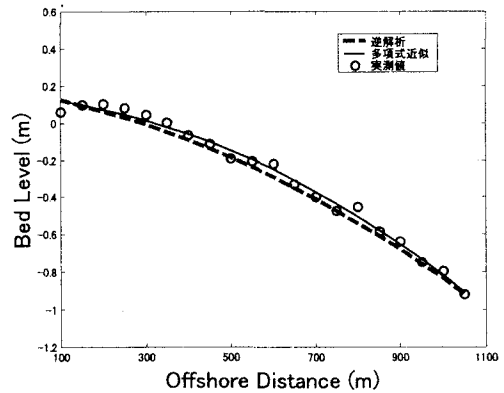


図-2 逆解析適用例

表-2 逆解析の適用結果

	Left				Right			
	$\tilde{a} \times 10^7$ (m^{-1})	$\tilde{b} \times 10^3$	$\tilde{c} \times 10$ (cm)	$\tilde{\varepsilon} \times 10^2$ (cm)	$\tilde{a} \times 10^7$ (m^{-1})	$\tilde{b} \times 10^3$ (cm)	$\tilde{c} \times 10$ (cm)	$\tilde{\varepsilon} \times 10^2$ (cm)
max	5.82	0.45	16.7	4.92	3.14	1.15	41.2	6.43
min	5.82	0.44	16.5	1.25	3.14	1.14	41.1	1.53
mean	5.82	0.45	16.6	3.12	3.14	1.14	41.2	3.00