

波浪と潮汐と河川出水が河口デルタ地形に及ぼす影響の数値的検討

熊本大学 学生会員 ○仲西耕平, 松谷暁
正会員 中條壮大, 外村隆臣, 山田文彦

1. はじめに

沿岸域における防災や水産資源の保護において重要な役割を果たしている河口デルタであるが、波浪・潮汐・河川出水といった外力の影響による変形・消失が危惧されている。近年、河川出水に着目した河口デルタ地形変化の研究例は多く存在しているが、波浪や潮汐といった要因を含めた検討は少ない。また、これら3つの外力データを定期的を取得している観測場所も少なく、波浪や潮汐の要因をどう取り入れるかという問題が挙げられる。そこで本研究では、これら3つの外力による河口デルタ地形の応答を数値計算により予測し、それらの相互作用が及ぼす長期的な河口デルタ地形変動について検討することを目的とした。

2. 現地観測の概要及び地形特性

数値モデルの検証および将来予測の基礎データとして用いる観測地としての外力情報には、白川河口の左岸側に位置する熊本新港観測タワーにおける波高、周期、潮位データ、白川世継橋水位観測所の流量データを使用した。地形の現地観測は熊本県白川河口域の潮間帯、潮下帯域に渡って深淺測量を行った。1976年から2003年の計8回(4.4km×5.3km)は港湾空港技術研究所により実施、2013年および2014年(2.0km×2.0km)の観測は熊本大学により実施された。現地の航空写真と、各団体の測量範囲を図-1に示す。また、図-2には湊筋付近であるライン①の岸沖断面の地盤高を示す。この観測結果より、岸沖距離が2.3km~3.5km付近において、1978年から1997年にかけて顕著な堆積による地形変化が見られ、干潟の平坦部が約500m沖合へ前進していることが分かる。また、2014年の測量結果はその後の、さらなる堆積傾向を示している。

3. 長期予測モデルの構築

(1) 長期予測のための地形変化プロセスベースモデル

本研究で地形変化予測のために、Mariottiら(2010)¹⁾の提案するモデルをベースにしたプロセスベースモデルを開発した。本モデルでは、流体運動・底質輸送・地形変化の3つのプロセスを1つのサイクルとし、繰り返すことで海浜変形を予測する。流体運動計算は波浪と潮汐の

計算に分類できる。波浪は風速を外力としたエネルギー平衡方程式により、潮汐は連続の式を各々解くことで波浪と潮流速・潮位を算定する。その後、波浪と潮汐により底面に生じるせん断応力を算定し、土砂侵食量が計算される。また、河川出水に起因する沖合土砂濃度は栗山ら(2004)²⁾の土砂量算出方法を参考に設定した。流体運動計算によってせん断応力 τ や波圧 P が求まると、侵食量 R が、また前時刻の土砂濃度 C から堆積量 D が次式より決定される。

$$R = \alpha(\tau - \tau_{cr}) + \beta(P - P_{cr})d \quad (1)$$

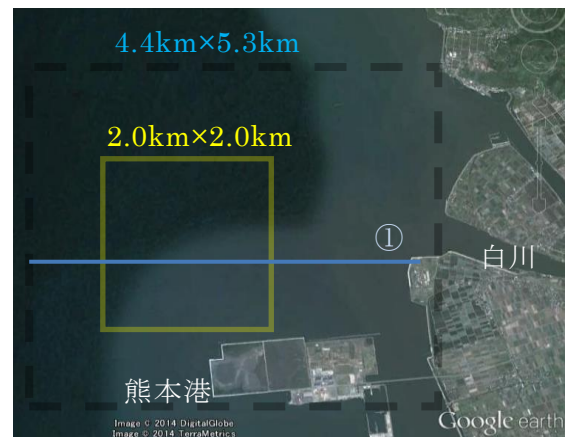


図-1 現地観測の位置と測量範囲

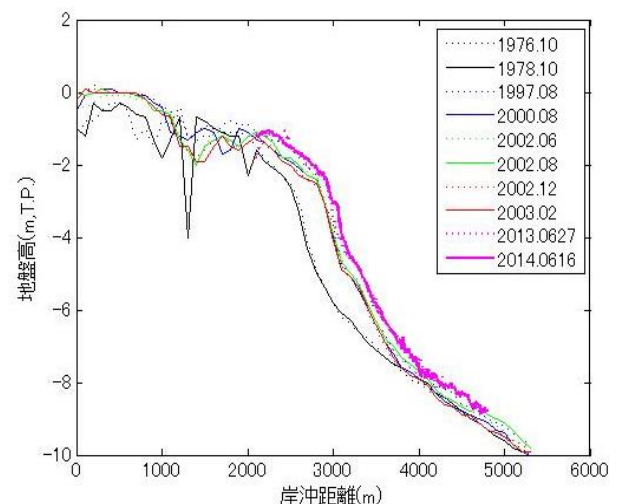


図-2 ライン①の岸沖断面における地盤高

$$D = 2w_s C \left(1 - \frac{\tau}{\tau_d} \right) \quad (2)$$

ここで、 α 、 β はそれぞれ侵食係数、 τ_{cr} 、 P_{cr} はそれぞれ移動限界の閾値、 d は計算格子幅、 w_s は沈降速度である。次の底質輸送のプロセスでは、次式の土砂濃度 C の移流拡散方程式を解いて次時刻の C の分布が決定される。

$$\frac{\partial(yC)}{\partial t} + \frac{\partial(QC)}{\partial x} - \frac{\partial^2(yC)}{\partial x^2} = R - D \quad (3)$$

ここで、 y は水深である。最後の地形変化のプロセスでは次式で表される土砂の質量保存則を解く事で地盤高 Z_g が決定される。ここで、堆積量 D は(3)式より決定された C を式(2)に代入することで求められる。

$$\frac{\partial(Z_g \rho_d)}{\partial t} = D - R \quad (4)$$

(2) 白川河口デルタの地形変化の再現性について

図-3 は 1976 年の観測地盤高を初期地形として与えた際の約 38 年間の地形変化計算を行った結果を、2014 年の観測地盤高と比較している。モデルによる予測結果は、潮間帯域である -2m まではほぼ観測結果と同様の傾向を示し、さらに、河口デルタの勾配や前置斜面の前進傾向をある程度再現している。しかし、潮下帯域である 2500m から 3000m の地点では実際よりも勾配が急峻となり、それ以降では逆に、実際よりも顕著な土砂の堆積が見られる。この原因として、本モデルでは、沖側の境界条件を流量の関数として与えていること、掃流砂量を考慮していないこと、沿岸方向への土砂流出を考慮していないことなどが挙げられる。

4. 潮位の位相差と河川出水が及ぼす地形変化比較

開発した長期予測モデルを用いて、潮汐と河川出水の相互作用による干潟地形への影響を検討した。別途予測モデルを用いた計算により、流量が $1000\text{m}^3/\text{s}$ ほどの河川出水時は、流量が $20\text{m}^3/\text{s}$ ほどである通常時の 90 倍ほどの土砂が堆積することがわかった。そこで、潮汐の上げ潮時と下げ潮時各々の位相において出水が発生した場合の 38 年後の地形変化を比較した。なお、出水継続時間や沖合の土砂濃度の条件は均一とした。その結果、潮下帯域では上げ潮時に出水する場合の方が 20~30cm ほど、多く堆積する傾向が見られたが、岸沖断面全体ではほぼ同様の挙動を示した (図-4)。

5. おわりに

本研究では、波浪・潮汐・河川出水といった外力による河口デルタ地形変化の応答を過去の実測値を用い、観測データと比較することで長期予測モデルの精度検証を行った。さらに、そのモデルを用いて河川出水と潮位の位相差による地形変動の検討を行った。

参考文献

- 1) Giulio Mariotti and Sergio Fagherazzi : J GR, Vol.115, 2010.
- 2) 栗山善昭, 橋本孝治 : 港湾空港技術研究所資料, 1074, 16 p, 2004.

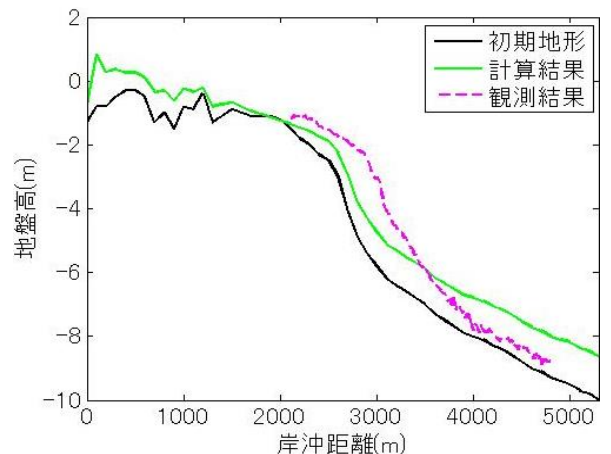


図-3 観測値と予測計算の比較

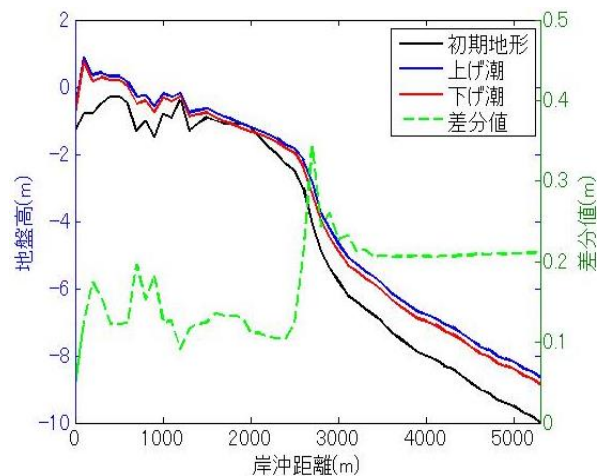


図-4 潮位の位相差と河川出水による地形変化の比較