

数値計算による後浜地形変動のシュミレーション

筑波大学大学院工学研究科 学生会員 有働恵子
筑波大学機能工学系 正会員 武若 聡

1. はじめに

近年、砂浜の侵食が問題となっているが、後浜の地形変動、砂浜から内陸に流出する飛砂量の推定等には不明な点が多い。著者らは、後浜の地形変動特性を調べるために、継続的な現地調査と航空写真を用いた測量を行っている。その結果、茨城県角折海岸では、植生が密に繁茂しているところほど飛砂が多く捕捉され、地盤が高くなっていた。また、航空写真測量の結果には、鹿島灘の複数の海岸において、人工的に整地されて一続きとなった砂丘に数年で切れ目が入り、複数の小砂丘に分裂していたことが捉えられており、この結果、内陸への飛砂の抑制効果は減少していた。

本研究では、以上に説明した後浜域の地形変動を再現し得る数値モデルを構築する前段階として、砂質地形の変動シュミレーションについて基本的な検討を行う。

2. 数値モデルの概要

2-1 数値モデルの枠組

計算領域に、正方メッシュを設定し、各メッシュに地盤高さを代表する変数 $h(i, j)$ を配置する。ここで、 i は海岸線と平行な方向、 j は岸沖方向に設定する。 $h(i, j)$ はそのメッシュに到達する飛砂、またそのメッシュから発生する飛砂により変化する。さらにこの飛砂による変化に加え、局所的な砂面の傾斜に依存した砂の移動も考慮する。

2-2 飛砂モデル

風の外力を受けて、砂粒子が距離 $L[m]$ のジャンプを行い、単位時間、単位面積あたりに飛砂となり地面を離脱する砂の量を $q[m^3/m^2s]$ とする。ジャンプの距離 L および砂の量 q は、格子 (i, j) における地盤の局所的傾きの影響を受けるものとして¹⁾、次式で与えた。

$$L(i, j) = L_0 (\tanh(\theta_i h(i, j)) + 1) \quad [m] \quad (1)$$

$$q(i, j) = q_0 (\tanh(\theta_i h(i, j)) + 1) \quad [m^3 / m^2 s] \quad (2)$$

ここで、 $\theta_i h(i, j)$ は風の吹く方向に対する砂面の傾斜を表す。計算領域の全格子について、式(1)、(2)より $L(i, j)$ 、 $q(i, j)$ を求め、飛砂が発生した格子 (i, j) の $h(i, j)$ には $-q(i, j)$ を、 (i, j) から風向方向の距離 $L(i, j)$ に存在する格子 (i', j') の $h(i', j')$ には $+q(i, j)$ を加える。

$\theta_i h(i, j) = 0$ のとき、式(1)、(2)は $L = L_0$ 、 $q = q_0$ となり、 L_0 、 q_0 は水平面における砂粒子のジャンプ距離および砂の発生量を表す。本研究では L_0 、 q_0 を、河村公式²⁾により与えた。

$$L_0 = (k_\alpha / g)(u_* + u_{*c})^2 \quad [m] \quad (3)$$

$$q_0 = k_\beta (\rho_a / \rho_s)(u_* - u_{*c}) \quad [m^3 / m^2 s] \quad (4)$$

u_* : 摩擦速度 $[m/s]$
u_{*c} : 移動開始摩擦速度 $[m/s]$
ρ_a : 空気の密度 $(= 1.226 \times 10^{-3} [g/cm^3])$
ρ_s : 砂の密度 $(= 2.65 [g/cm^3])$
g : 重力加速度 $(= 9.81 [m/s^2])$
$k = k_\alpha k_\beta$, k_α, k_β : 無次元係数

ここで、 u_* 、 u_{*c} はアメダスデータを換算して求め、計算領域内で一様とした。無次元係数 k 、 k_α は、既存の研究例³⁾⁴⁾を参考に、それぞれ 0.8、0.5 とした。よって、無次元係数 k_β は 1.6 となる。

キーワード：後浜地形変動、数値計算、シュミレーション

連絡先：〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学機能工学系水工学研究室

TEL. 0298-53-5486 FAX. 0298-53-5207

2-3 砂面の傾斜に依存した砂の移動

現実の系では、2-2 で想定した砂の移動に加えて、傾斜に依存して砂が滑り落ちる現象が起こる。本計算では、砂面の傾斜に依存した砂の移動を加味し、斜面に沿って砂の移動を行わせる。このことは、数値的には砂面の凹凸をスムージングすることと同等である。

3. 計算例

観測、航空写真測量を行っている茨城県角折海岸の後浜に存在する砂丘の変動の再現を試みた。航空写真測量の結果には、2 つの特徴的な変動特性が見られた。一つは砂丘頂部が徐々に風下方向に移動していること、もう一つは砂丘が急峻になっていることである。計算の際、風のデータには計算対象地域に最も近いアメダス観測所「鹿島」のデータを与え、初期地形には、角折海岸の小砂丘の規模を参考にして、 $50\text{m} \times 70\text{m}$ の楕円状の地形を与えた（図 1）。同図では、白い部分が相対的に地盤高が高いことを表しており、砂丘の比高は約 5m である。図 2 は、計算領域に 1 年間風が作用した時点での計算結果である。前述の変動特性のうち、砂丘頂部の風下方向への移動は、おおよそ再現されている。しかし、砂丘が急峻になっていることについては現時点での計算方法では再現することができない。なぜなら、砂丘が急峻になっている原因としては、植生による砂の捕捉がその繁茂の程度に依存していることや、砂丘林と砂丘フロント間の植生が破壊されて洗掘孔が形成されていること等が挙げられるが、これらの要因を考慮していないためである。

4. 結び

本研究では、数値計算による後浜地形変動のシュミレーションに向けた予備的な検討を行い、飛砂による地形変動特性の特徴を再現した。しかし、現在のところ砂丘周辺に繁茂している植生の影響や、植生破壊による洗掘孔の形成等の要因を考慮しておらず、実地形の変動を忠実に再現するには至っていない。今後、これらの要因を考慮し、後浜域における実際の地形変動の再現を試みる予定である。

参考文献

- 1) Hiraku Nishimori, Masato Yamasaki (1998): A Simple Model for the Various Pattern Dynamics of Dunes, International Journal of Modern Physics B, Vol.12, No.3, pp257-272
- 2) 堀田新太郎 (1985): 飛砂, 本間仁監修 / 堀川清司編 海岸環境工学, 東京大学出版会, pp.191-209
- 3) 栗山善昭・望月徳雄 (1997): 後浜から砂丘前面にかけての地形変化と植生, 海岸工学講演会論文集, 第 44 巻, pp.681-685
- 4) 栗山善昭・上堂園孝一 (1999): 後浜から砂丘前面にかけての飛砂量の数値計算, 海岸工学講演会論文集, 第 46 巻, pp.501-505

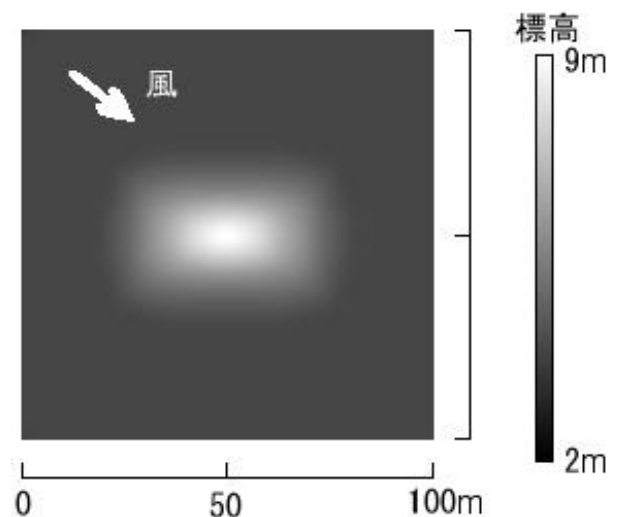


図 1 初期条件 (1984.12)

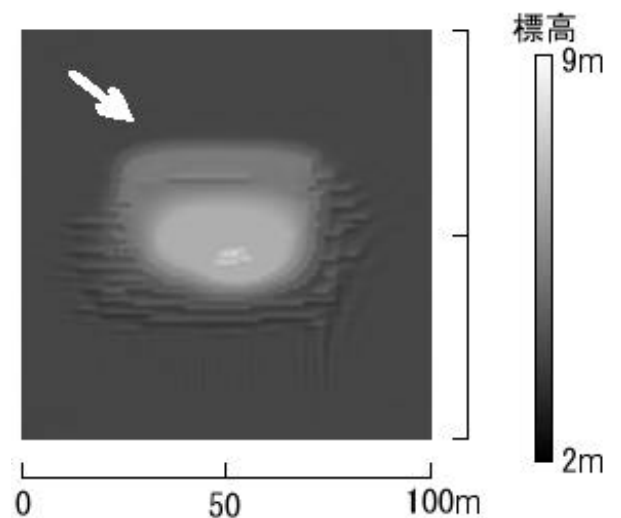


図 2 計算結果 (1985.12)