

n-line 海浜変形モデル

京都大学大学院 学生員 ○松山 昌史

京都大学防災研究所 正 員 山下 隆男

京都大学防災研究所 正 員 土屋 義人

1. 緒 言 海浜変形を予測する数学、数値モデルの確立は海岸工学の分野における重要な課題のひとつである。我々が工学的（実用的）に用いている海浜変形モデルは、1-lineモデル（汀線変化モデル）であり、長期的海浜変形予測には、ほとんどといってよいほど、このモデルが用いられ、多くの現地検証（calibration）を経て、それなりに実用的予測法の地位を得ている。

一方、数値モデルのより複雑な現象への適用、モデルへのより高度な要求は、水理模型実験の行きづまりとあいまって、増加の一途をたどっている。これに伴い、水平2次元、準3次元海浜流モデルとの結合による海浜変形モデル（俗に、水深変化モデル）が主に開発研究されている現状ではあるが、「数年～数十年の時間スケールでの予測には適さない」とされており、この時間スケールでの水深変化モデル（おそらく現時点では最も重要であろう）の開発が必要であろう。

本研究は、n-line（1-lineも含む）海浜変形モデルの工学的意義を再認識（検討）し、長期予測の可能な水深変化モデルとしてこれを実用化する目的で、モデルの考察を行うものである。

2. n-lineモデル

(a) $n=1$ の場合：いわゆる1-lineモデルであるが、これは周知のように、3方程式系で示される。

(1) 沿岸漂砂量式：

$$Q = \beta P_1 (H_b, T, \alpha_b) = 1290 \cdot \frac{P_1}{8\pi} H_b^2 T \sin 2\alpha_b \quad (m^3/yr) \quad (1)$$

(2) 漂砂の連続式：

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{-1}{R_1(1-\lambda)} \frac{\partial Q}{\partial x} + Q_R \delta(x-x_R) \quad (2)$$

(3) 波向-汀線関係式：

$$\frac{\partial x}{\partial x} = \tan(\alpha_{b0} - \alpha_b) \quad (3)$$

ここに、 P_1 ：波浪エネルギーフラックス、 H_b ：砕波波高、 T ：波の周期、 α_{b0} ：初期汀線と入射波の成す角、 α_b ：汀線と砕波波峰の成す角である。この数値モデルには、汀線変化あるいは、沿岸漂砂量フラックスに関する拡散形方程式に帰着し、Crank-Nicholson スキームによる差分化とdouble sweepout法で解かれるが、littoral barrier周辺、河口デルタの変形予測への適用には、モデル自体に、より高い自由度が要求される場合が多い。

(b) $n \geq 2$ の場合：沿岸漂砂のみならず岸・沖方向の漂砂を考慮することでモデルの自由度を高め、より一般的な場への適用を目指すわけであるが、当然の事ながら、決定すべき(calibrationすべき)モデル定数も増える。ここでは、Perlin and Dean(1983)のモデルの改良と、その数値計算法の改良及び今後の拡張について述べる。

(1) 沿岸漂砂量式：全漂砂量は式(1)と同一であるが、岸沖方向の分布を導入し、次式で与える。

$$Q_x = Q(y+a)^2 \exp \left\{ - \left(\frac{y+a}{C_y b} \right)^3 \right\} \sin x(\alpha - \alpha_c) \quad (4)$$

(2) 岸沖方向漂砂量式：平衡海浜断面形（例えばDeanの $h=Ax^{2/3}$ ）からのずれに比例させる。

$$Q_{yix} = r \{ y_{ix} - (y_{iHix} - W_{eqi}) \} \quad (5)$$

Masashi MATSUYAMA, Takao YAMASHITA, Yoshito TSUCHIYA

(3) 漂砂の連続式:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = Q_R \delta(x-x_R) \quad \text{----- (6)}$$

(4) 波向-等水深線関係式:

$$\frac{\partial y_{ij}}{\partial x} = \tan \alpha_{ij} \quad \text{----- (7)}$$

ここに、 W_{eq} は平衡海浜の等水深線間隔、 a : swash transeportを合わせるパラメータ、 γ : 平衡海浜形状に移行する時間スケールを与えるパラメータ、 c : 沿岸漂砂量の分布形を決めるパラメータ、および y_b : 漂砂帯幅である。以上の基礎式を、図-1に示すように等水深線および x 軸に垂直な直線で形成される格子内で離散化し、これを数値計算する。本研究では、計算の安定性、精度および計算時間の短縮化を考慮し、ADI法による計算アルゴリズムを用いた数値モデルを開発した。

一方、波浪の計算に関しては、1-lineモデルを含めて、Dalrymple(1988)の示した屈折計算法を用いる。この方法では、深海条件ではStokes波理論の3次オーダーの波速、浅海では孤立波の波速に漸近する分散関係が導入されており、波数およびwave action保存式を格子点上で $O(\Delta x^2)$ の精度で計算でき、n-lineモデルの波浪変形計算に適しており、特に Mild slope eq.を必要としない場合には、この波浪計算法を用いている。

本モデルの適用性、およびモデル定数の検討に関しては、研究途中であり、ここでは言及しない。

3. モデルの拡張

このモデルを離岸堤背後のトンボロの形成や河口デルタの発達・収縮のシミュレーションへ拡張するためには、これらの3次元平衡海浜形状を決定しなければならない。広範囲に渡る現地の地形特性から、これらが決定され、平衡海浜への移行時間スケールを与えるパラメータ γ を決めることができると、水深変化を考慮した長期海浜変形予測モデルが構築できるものと考えられる。

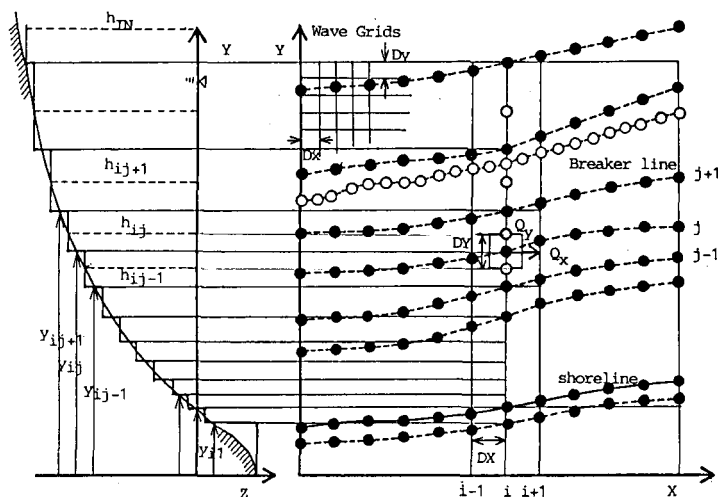


図-1 n-lineモデルの座標系

参考文献: Perlin, M. and R.G. Dean: A numerical model to simulate sediment transport in the vicinity of coastal structures, CERC Rep. No. 83-10, 1983.

Dalrymple, R.A.: Model for refraction of water waves, J. Watrwy., Port, Coast., and Oc. Div., ASCE, Vol. 114, 1988.