

海面上昇に伴う砂浜海岸の汀線変化予測

鹿児島大学工学部 学生員 〇長谷川 準三

鹿児島大学工学部 学生員 小窪 正史

鹿児島大学工学部 正員 浅野 敏之

1 まえがき

地球温暖化に伴う海面上昇は現在の予想では、10年間に6cm(3~10cm)のペースで上昇し、2100年には65cm(30~110cm)上昇するとされている。海面が上昇すると砂浜がどのように変化するのか、現在様々な研究がなされている。本研究では沿岸漂砂が卓越する場合の汀線変化を考えるモデルであるone-lineモデルを使って海面上昇による汀線変化の検討を行う。特に砂浜幅が狭く、海岸保全施設が多い日本の海岸において背後地に護岸がある場合に海面上昇により汀線がどのように変化するのかについてモデル的に検討を行う。

2 数値計算の方法

ここでは小笹・ブランプトン(1979)による背後に護岸がある場合の汀線変化モデルを用いて検討を行った。このモデルでは海浜変形を2つの段階に分けて考えている。第1段階は浜幅が十分に広い場合である。第2段階は護岸の前にある海浜の幅が狭くて、沿岸漂砂の輸送が護岸の影響を受ける場合である。すなわち、第2段階は、汀線の位置 y が次式で表される範囲にある場合に相当する。

$$y_w \leq y \leq y_w + \frac{BH}{\tan \beta} \quad (1)$$

y_w は基線から護岸までの距離、 $\tan \beta$ は海底勾配、 BH はバーム頂の高さである。

δx 離れた2つの断面間において、微小時間 δt 間に流入する沿岸漂砂量 Q は次式で表される。

$$\delta V = \delta t \left\{ Q - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \cdot \delta x \right) \right\} \quad (2)$$

海岸が一定勾配 β を保って変化すると仮定したならば、 δx 離れた2つの断面間の容積変化 δV は次式で表せる。

$$\delta V = (D + BH) \delta x \cdot \delta y \quad (3)$$

ここに δy は海浜の前進または後退量である。式(2)と式(3)を等置して、 δx 、 δt が無限小という極限をとると、次式で示される沿岸漂砂の連続式が得られる。

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + L \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (4)$$

L は浜幅が十分広い第1段階では $L = D + BH$ 、浜幅が狭く護岸の影響を受ける第2段階では $L = D + B$ である。(4)式を y と Q の計算セルを交互に配置したスタッガードスキームで解けば、汀線位置 y の時間変化が計算される。

漂砂量 Q については小笹・ブランプトンの沿岸漂砂量公式を用いる。

$$Q = \frac{0.385 (E c_s)}{\gamma_s} (\sin 2\alpha_b - 3.24 \frac{\partial H_b}{\partial x} \cot \beta \cos \alpha_b) * R \quad (5)$$

ここに、 E は単位面積当りの波のエネルギー、 H_b は砕波波高、 c_s は波の群速度、 α_b は波峰線と汀線とのなす角度、 γ_s は単位体積当りの砂の水中重量である。 $\partial H_b / \partial x$ を含む項は構造物の影響等による比較的広範囲にわたる沿岸方向の砕波波高変化の効果を取り入れた項である。

(5)式の R は、第1段階では $R = 1$ 、第2段階では、

$$R = \frac{B}{BH} \quad \text{または} \quad R = \frac{B}{BH} * \frac{2D+B}{2D+BH} \quad (6)$$

となる。本計算では後者によって計算した。ここに、 B は平均水面上の海浜の高さ、 D は漂砂帯縁端水深である。

また、砕波の波峰線と基線とがなす角を α_x とすると、次の関係式が成立する。

$$\alpha_b = \alpha_x - \tan^{-1} \frac{\partial y}{\partial x} \quad (7)$$

モデル構成としては、まず (x, y) 直交座標系を定義する。沿岸方向に x 軸、岸から沖方向に y 軸をとり、汀線位置を $y_s(x, t)$ とする。また、 x 座標のいかんにかかわらず海浜断面は一定勾配 $\tan \beta$ であると仮定し、漂砂量に関する境界条件としては自由境界を設定する。また汀線変化を顕著にするため (5) 式の砕波波高の沿岸方向変化 $\partial H_b / \partial x$ の項に 0 でない値を与えた。

3 計算結果および考察

(4)、(5)、(7) 式を用いて護岸の影響を考慮した one-line モデルによる汀線変化の計算を行った。図 1 は護岸がない場合を想定したもので、図 2 は背後に護岸がある場合である。

次に地球温暖化に伴う海面上昇によって、長時間スケールで汀線が後退する場合の計算を行った。 $\partial H_b / \partial x = 0$ とすれば沿岸漂砂量 Q は沿岸方向に変化しないので、汀線は波の作用によっては後退せず、海面上昇に伴って一様にゆっくりと後退する。このような動的に安定な海岸において、海面が 100 年間に 1 m 上昇する場合の汀線変化を計算したのが図 3 である。

まず海面上昇を考慮に入れない場合について検討を行う。図 1 からわかるように、幅の広い砂浜がある場合は汀線が徐々に後退するだけであるが、図 2 に示すように浜幅が狭くその背後に護岸がある場合は、汀線が後退して護岸の影響を受ける事になる。護岸が海浜変形に影響を及ぼし始めたとき、護岸前面の水平なバームは消失してしまう。沿岸漂砂量は (5) 式から評価できるが、第 2 段階に入り水平なバームがなくなると時間経過により海浜の高さである B が減少し、(6) 式の R は 1 より小さくなるので漂砂量 Q は以前よりも減少する。数値計算では図 2 に見られるように $t = 40 \text{ hr}$ までは第 1 段階であるが、 $t = 50 \text{ hr}$ の $x = 1.0 \text{ km}$ から護岸の影響があり、これが沿岸漂砂の下手側に伝って $x = 1.7 \text{ km}$ からは大きな汀線後退が見られる。これは (4) 式中の L が第 2 段階にはいると $B < BH$ より小さくなるので大きく汀線が後退することになる。その後は漂砂量の変化が少なくなりゆっくりと汀線が後退する。

次に海面上昇を考慮に入れた図 3 について検討する。この計算条件では $\partial H_b / \partial x = 0$ としたため、沿岸方向に漂砂量は変化せず、海面上昇の進行に伴って汀線はゆっくりと一様に後退することになる。しかし何年後にある場所で背後の護岸の影響を受けると短期間の汀線変化モデルと同様に沿岸漂砂の一樣性が崩れ、短時間スケールで大きな汀線変化が起こることが推論される。

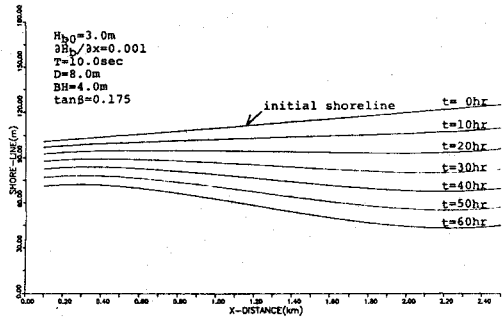


図 1

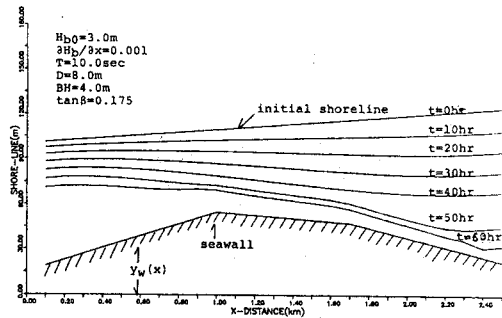


図 2

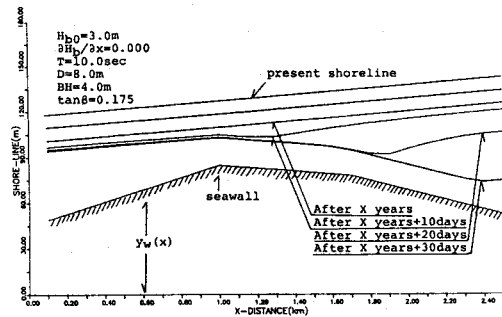


図 3