

マングローブ感潮入江の流動と土砂輸送の計算

鹿児島大学大学院 学生員 後藤真秀
鹿児島大学工学部 正会員 浅野敏之

1. はじめに

熱帯・亜熱帯の潮間帯に群落をなしている塩性植物を総称してマングローブという。マングローブ域の研究は自然地理学、林学の分野においては古くから進められてきているが、物理過程の調査・研究の歴史は浅く、現在のところ、マングローブ生態系に対する物理過程の役割に関する理解はもとより、ここでの物理現象そのものの定量的知見にも極めて乏しい。

マングローブ感潮域は樹幹や底泥の流体抵抗により通常の感潮域とは大きく異なった独特の環境を作り出す。本研究では、マングローブ地帯における物理過程の研究の一つとしてマングローブ感潮入江における潮汐変動に対する底泥の流動現象の数値シミュレーションを行う。

2. 数値計算の概要

数値計算は、潮流計算ユニット、底面濃度計算ユニット、濃度拡散計算ユニットから構成される。

潮流計算ユニットは連続の式(a)、運動方程式(b)による。これらの式より流量、水面変位が求められる。水位の計算点と流量の計算点をスタッガードメッシュにとり、リープフロッグ法により計算した。水路の最上流では潮汐変動が自由に透過できるように日野・仲座(1987)の無反射境界スキームを用いた。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \cdots (a) \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(Q^2/A \right) + gA \frac{\partial \eta}{\partial x} + gAS_f - gAS_0 = 0 \quad \cdots (b)$$

ここで、 A は面積、 Q は流量、 S_f は摩擦勾配、 S_0 は底面勾配、 g は重力加速度である。

底面濃度計算ユニットは、底泥の巻き上げ量を求める式(c)から底泥の堆積量を求める式(d)を差し引いた値を底面に最も近接した格子点の濃度として与えるものとする(e)。これらの式は鶴谷の式を参照にした。

$$E = M(\tau_b/\tau_e - 1) \quad \cdots (c) \quad D = pw_0C_b \quad \cdots (d) \quad C_b^{n+1} = (E - D) \frac{\Delta t}{\Delta z} + C_b^n \quad \cdots (e)$$

ここで、 M は任意の定数、 $\tau_b = 1/2 \cdot \rho f u^2$ は底面に働くせん断応力(ρ は流体密度、 f は海底摩擦係数、 u は流速)、 $\tau_e = 0.1$ は巻き上げに関する底泥層の限界せん断応力、 $p = 1 - \tau_b/\tau_e$ は泥の堆積確率、 w_0 は泥の沈降速度、 C_b は底面濃度である。

濃度拡散ユニットは拡散方程式(f)から求められる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -u \frac{\partial C}{\partial x} + w_0 \frac{\partial C}{\partial z} + K_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad \cdots (f)$$

ここで、 K_z は拡散係数である。濃度 C は陽解法を用いて解析した。

3. 計算結果と考察

計算領域は幅 30m、長さ 20km の水路とし、入射側の水深は 3m で上流に向かって 1/20000 の勾配を有するものと仮定した。潮汐の 1 周期は 12 時間とした。距離は x 方向に 200 分割、 z 方向に 20 分割、時間は潮汐の 1 周期を 8000 分割した。

図一1、図一2は潮流計算ユニットで計算された時間毎の水面の位置を表わすものである。図一1では1~4時間後の水位を表わして、時間毎に潮が満ちていく様子が計算できていることが確認できる。4時間後に水位はフラットになり、その時の水面の位置は+0.15mである。図一2は6~8時間後と10時間後の水位を表わし、図一1とは逆に潮が引いていく様子が確認できる。水位がフラットになるのは10時間後で、その時の水面の位置はおよそ-0.17mである。これらの図より上流域での無反射境界条件が適切で計算領域内の反射が見られないことがわかる。図一3、図一4は時間毎の流速を表わすものである。図一3は1~3時間後の流速を表わし、図一4は6~8時間後の流速を表わしている。それぞれのグラフの満ち潮、引き潮が水位変動のグラフと一致していることが確認できる。

図一5は5km地点での流速の時間波形を表わしたもので、図一6は底面濃度計算ユニットから求められる同じ地点での底面濃度の時間波形を表わしたものである。これらを見比べると、満ち潮、引き潮それぞれのピークのときに底面濃度もピークを迎えていることが確認できる。

濃度拡散計算ユニットから求められる5km地点の1時間経過後、1~4時間経過後の濃度分布のグラフが図一7、8である。この場合の濃度とは流体中に底泥が占める体積濃度である。図一8の底面濃度は流速が増すと増加するが、上方向にはあまり拡散していない事が分かる。拡散係数の設定などが妥当であるかどうかは本原稿提出時点では検討中である。

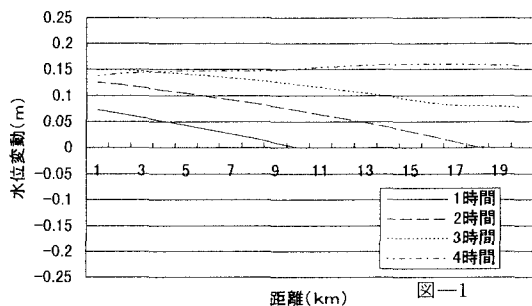
4. あとがき

現時点の結果では潮汐による底泥の移動ということのみに着目し、マングローブ地帯特有の気根の抵抗や、底泥そのものが流れに及ぼす影響を考慮していない。マングローブの気根の数は底面からの高さの関数であり、その抵抗をモデル化し、(b)式中の S_f で考慮する必要がある。これについては現在検討中である。

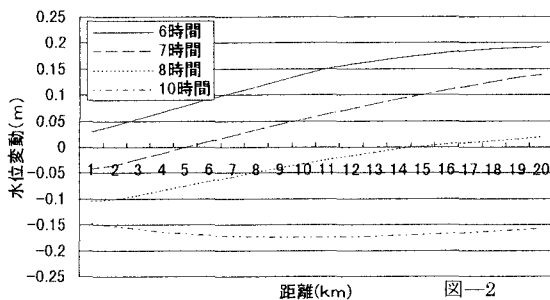
〔参考文献〕 松田義弘(1997)：マングローブ水域の物理過程と環境形成、黒船出版、p.196

鶴谷広一(1989)：シルテーションによる港湾埋没の予測手法、港湾技研講演会講演集、pp.101-153.

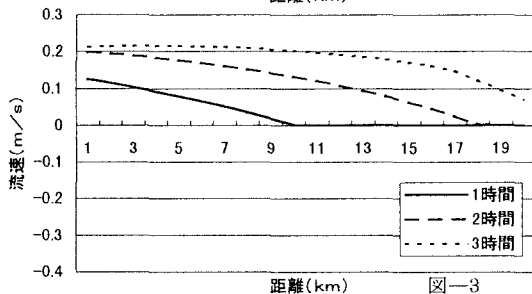
日野幹夫・仲座栄三(1987)：数値波動解析における新しい無反射境界スキームの平面2次元問題への適用、第35回海岸工学講演会論文集 pp.262-266.



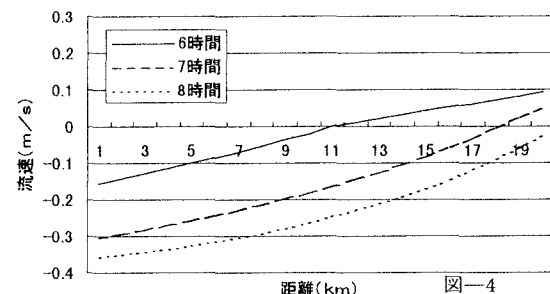
図—1



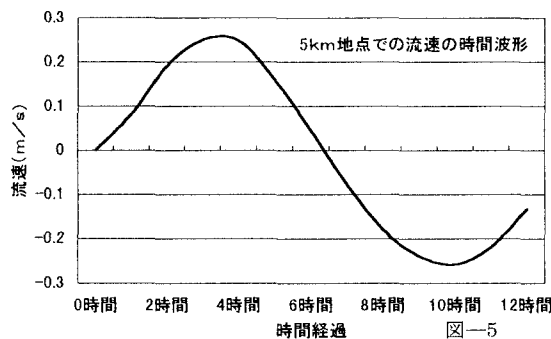
図—2



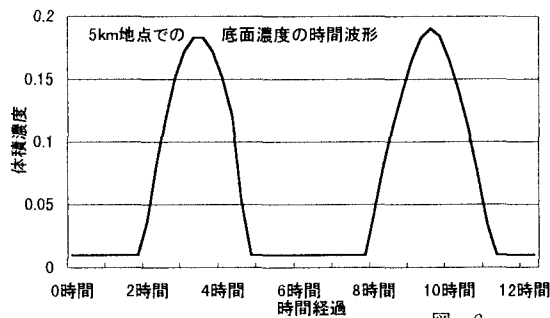
図—3



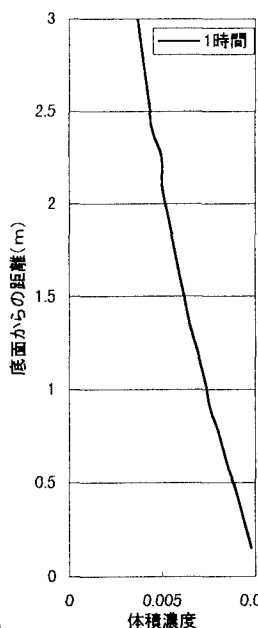
図—4



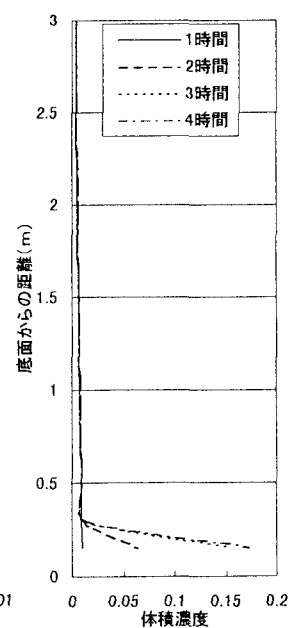
図—5



図—6



図—7



図—8