

二次元重み付差分法による干潟海域水理模型の潮流解析

九州産業大学 学員 ○中村直史 九州産業大学 正員 加納正道  
 東和大学 正員 空閑幸雄 九州産業大学 正員 赤坂順三

1. まえがき

筆者らは、文献 [1] [2] において提案した重み付差分法 (WFDM) の傾斜水路模型の潮流解析への適応について、模型実験結果と良く一致することを発表した。WFDM は不規則な 4 辺形格子を採用でき、複雑な境界も数少ない格子数で分割できるなどといった特徴をもつ。本報では、潮位変動によって解析領域全体の 3 分の 2 に干潟海域を生じる水理模型の潮流解析への WFDM の適用を行ない、結果を模型実験と比べ、WFDM の有効性を示す。干潟領域すなわち陸海が交互に入れ換わるという 特異な水域を解析するにあたり、海である場所に干潟の出現、またその場所への海水侵入時の計算方法などについて検討し、解析を行った。

2. 干潟海域水理模型実験装置

干潟海域模型実験装置を図 1 に示す。これは水平方向に 1/893、鉛直方向に 1/20 の縮尺で作成されたものであり、湾開口部 1ヶ所に潮位発生装置を備えている。実海域での満干の変化を想定し、実験では時間縮尺 1/200 の 216 秒周期の正弦波で行なった。水面に浮かべたフロートを追跡しビデオ解析することにより実験値を得た。WFDM 解析用メッシュ分割を図 2 に示す。

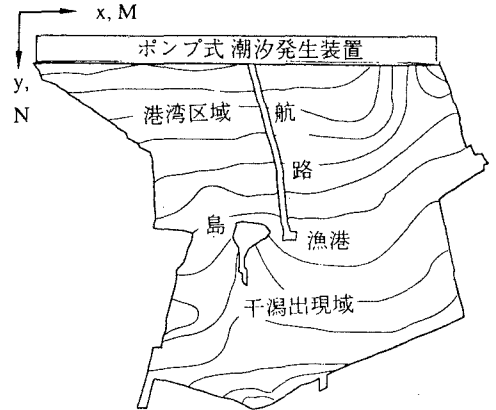


図 1 干潟海域水理模型実験装置

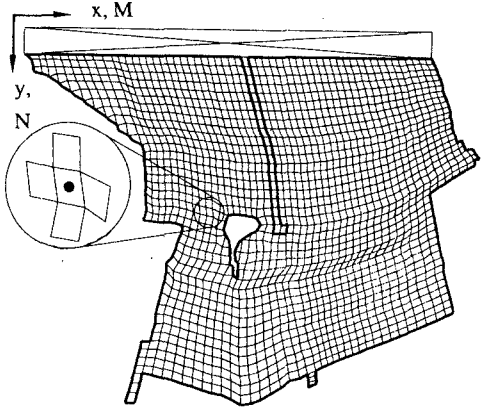


図 2 解析領域メッシュ分割

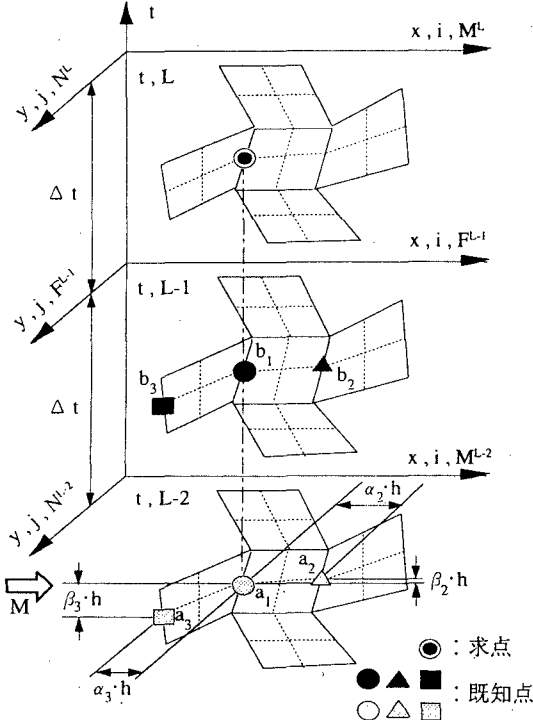


図 3 多段階陽形式重み付差分モデル

3. 基礎方程式および解析方法

潮流の基礎方程式は 2 次元浅海流方程式(1)(式(1)に x 方向のみ示す) および連続の式(2)を用い、x, y 方向の線流量 M, N および潮位  $\zeta$  の三つを未知量として WFDM により解析する。重み付差分モデルは、流れや境界の状態および期待する解析精度などを考慮することで、種々考え得るが、図 3 に異形格子を用いた場合(この場合、歪み率  $(\alpha, \beta)$  が場所により異なる)における陽形式重み付差分モデル (x 方向計算時のみを表示) の一例を示す。次に解析手法として、式(1)の右辺については、求める M を含むが、前時間の M を与え非同次項と考える。まず、この非同次項を 0 とする同次型浅海流方程式を満足する多項式群 (式 3) を重み付差分モデルに従い、同次型重み付差分式 (式 4) に代入することで得られる連立一次方程式を解くことで重み  $a_1 \sim a_3$  を求める。

次に非同次項を0としない非同次型浅海流方程式を満足する多項式群(式6)を非同次型重み付差分式(式5)に代入することで得られる連立一次方程式を解き、重み $b_1 \sim b_3$ を求める。これにより浅海流方程式のMに関する重み付差分式(式5)が定まる。なお、非同次項および連続の式に含まれる微分項の計算には4点、および8点アイソパラメトリック要素を用いて計算を行なっている。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{M}{h+\zeta} \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{N}{h+\zeta} \frac{\partial M}{\partial y} - \varepsilon \left( \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) = -g(h+\zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{\gamma_b^2}{(h+\zeta)^2} M \sqrt{M^2 + N^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

$$M^{(r)}(x, y, t) = \sum_{i=0}^r \left\{ \frac{(x-nt)^i + (y-nt)^i}{i!} \right\} \quad (3)$$

$$M(i, j, L) = a_1 \cdot M(i, j, L-2) + a_2 \cdot M(i+1, j, L-2) + a_3 \cdot M(i-1, j, L-2) \quad (4)$$

$$M(i, j, L) = a_1 \cdot M(i, j, L-2) + a_2 \cdot M(i+1, j, L-2) + a_3 \cdot M(i-1, j, L-2) + b_1 \cdot F(i, j, L-1) + b_2 \cdot F(i+1, j, L-1) + b_3 \cdot F(i-1, j, L-1) \quad (5)$$

$$\begin{cases} M_p(x, y, t) = - \sum_{i=0}^{P-1} \left\{ \frac{(x-nt)^i + (y-nt)^i}{i!} \right\} \cdot t + \frac{(x-nt)^i + (y-nt)^i}{P!} \\ F_p(x, y, t) = \sum_{i=0}^{P-1} \left\{ \frac{(x-nt)^i + (y-nt)^i}{i!} \right\} - 1 \end{cases} \quad (6)$$

#### 4. WFDM 解と実測値の比較

不規則な4辺形格子を用いた陽形式二次元WFDMによる流速ベクトルの一部を図4および図5に、また模型実験値を図6に示す。これらのWFDM解は模型実験の流況を良好に再現できている。干潟の出現や干潟域への海水の侵入についても良好な結果を得ている。

#### 5. むすび

今回の干潟模型の潮流解析において、実測流速とほぼ等しい重み付差分法解が得られ、本報において、干潟部分が解析領域の3分の2を占める3次元水域の潮流解析に適用可能である不規則な4辺形格子をもつ二次元重み付差分法を提案した。現在、更に解析精度を向上させるための検討を行っており、実測値や他の差分解との比較を行っている。

参考文献 1) 加納、赤坂、空閑、中村：二次元重み付差分法による傾斜水路模型の潮流解析

(平成13年度土木学会 西部支部研究発表会講演概要集)

2) 加納、赤坂、空閑、中村：湾域水理模型の二次元重み付差分法による潮流解析

(平成13年度土木学会 年次学術講演会講演概要集)

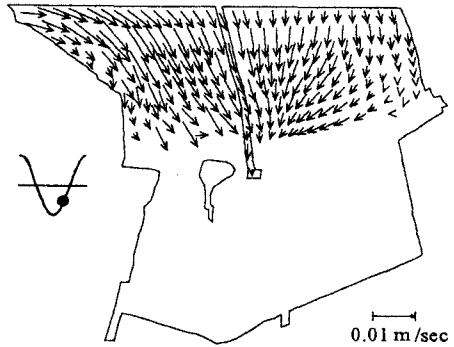


図4 干潮→満潮 (WFDM 解)

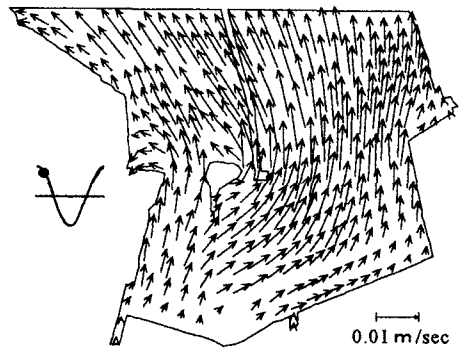


図5 満潮→干潮 (WFDM 解)

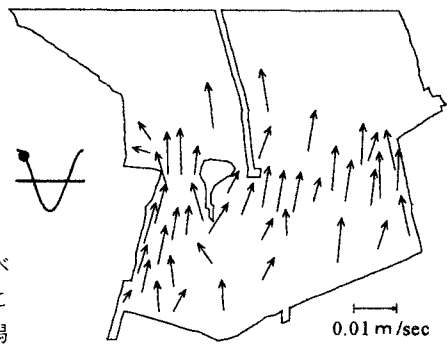


図6 満潮→干潮 (模型実測値)