

潮流解析における重み付差分法の有効性について

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. はじめに

筆者らは、文献[1][2]において提案した重み付差分法(WFDM)の傾斜水路模型および湾域・干潟域水理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、潮流解析における重み付差分法解の模型実験値再現性を検証するとともに、他の差分解との比較などを行なうことでWFDMの有効性を示す。なお、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の対象とした。

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。

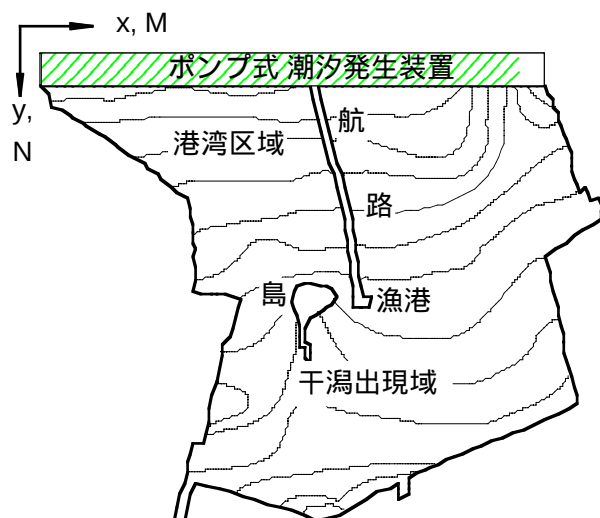


図1 干潟海域水理模型実験装置

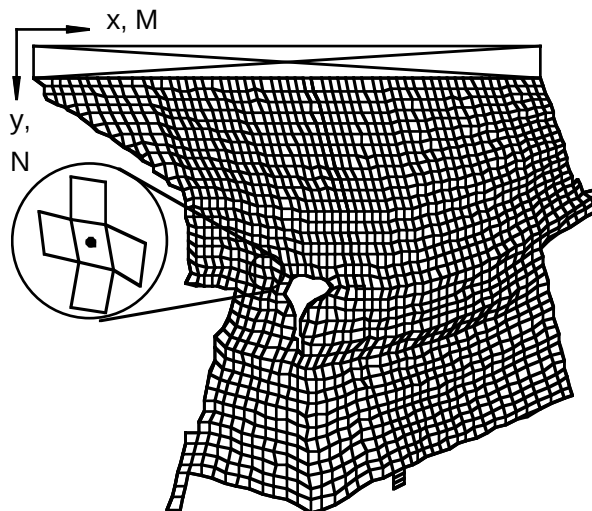


図2 解析領域メッシュ分割

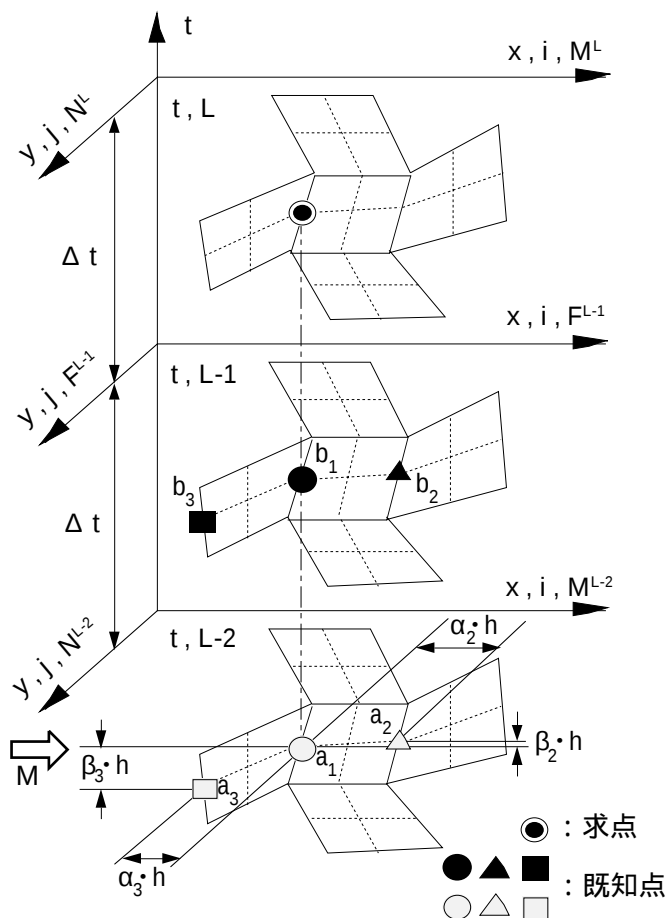


図3 多段階陽形式重み付差分モデル

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

キーワード 数値解析手法、重み付差分法(WFDM)、潮流解析、閉鎖性水域水理模型

連絡先 〒813-8503 福岡市東区松香台2-3-1 九州産業大学工学部土木工学科 TEL 092-673-5093

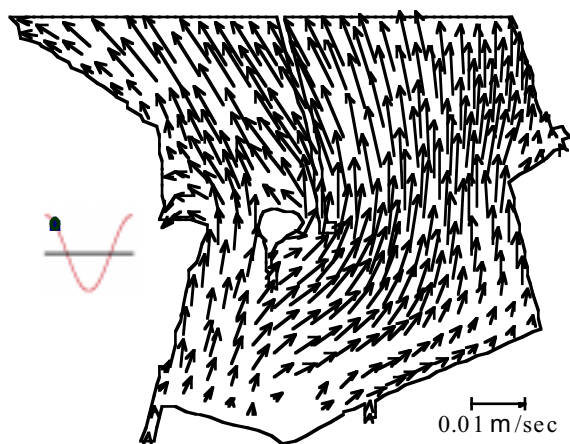


図4 満潮→干潮 (WFDM 解)

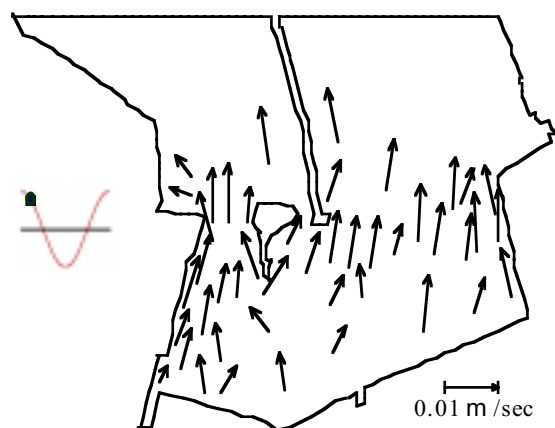


図5 満潮→干潮 (模型実測値)

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

$$M(i, j, L) = a_1 \cdot M(i, j, L-2) + a_2 \cdot M(i+1, j, L-2) + a_3 \cdot M(i-1, j, L-2) + b_1 \cdot F(i, j, L-1) + b_2 \cdot F(i+1, j, L-1) + b_3 \cdot F(i-1, j, L-1) \quad (3)$$

$$M_P(x, y, t) = - \sum_{i=0}^{P-1} \left\{ \frac{(x - mt)^i + (y - nt)^i}{i!} \right\} \cdot t + \frac{(x - mt)^P + (y - nt)^P}{P!} \quad (4)$$

$$F_P(x, y, t) = \sum_{i=0}^{P-1} \left\{ \frac{(x - mt)^i + (y - nt)^i}{i!} \right\} - 1$$

3. 基礎方程式および WFDM 解析方法

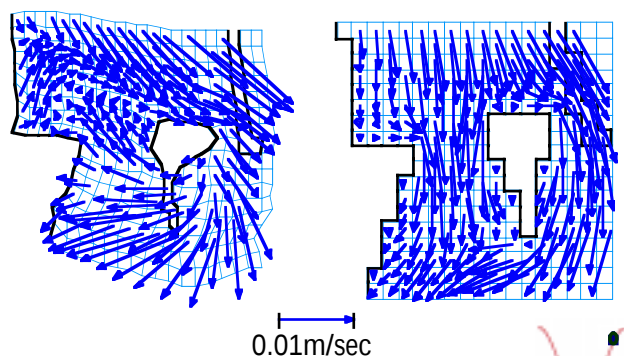
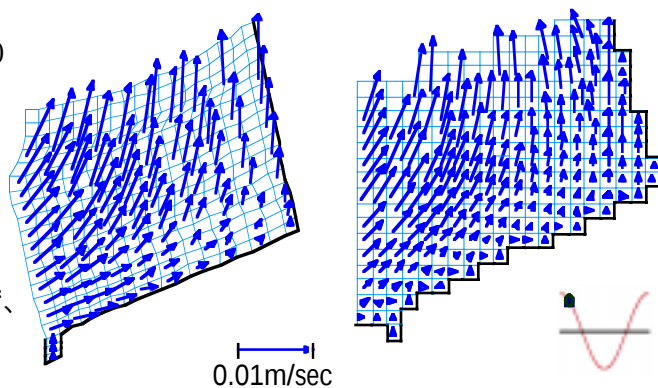
潮流の基礎方程式は2次元浅海流方程式（式(1)にx方向のみ示す）および連続の式(2)を用い、x, y 方向の線流量 M, N および潮位 ζ の三つを未知量とする。次に解析手法については、文献(1),(2)にあげているので、詳細は記さないが、未知量 M に関する重み付差分式（式3）を定めるにあたり、重み付差分モデル（図3に陽形式重み付差分モデルの一例を示す。図中 $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$ は重み）に従い、非同次型浅海流方程式を満足する多項式群（式4）を非同次型重み付差分式（式3）に代入することで得られる連立一次方程式を解くことで、重みを求める。

4. 結論

干潟海域水理模型に任意形状の四辺形格子を採用した2次元重み付差分法による解析結果は、実測値と比較した結果、潮位・流速解はともに収束性・安定性も良好で、定量的に再現性の高い解が得られ、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。特に境界付近の流況については、通常の2次精度差分法による解と比較して重み付差分法による解析の有効性を示した。潮流解析に適用可能である任意形状の四辺形格子をもつ2次元重み付差分法を確立することができた。

参考文献 1) 加納ら：湾域水理模型の2次元重み付差分法による潮流解析（第56回年次学術講演会講演概要集）

2) 加納ら：2次元重み付差分法による干潟海域水理模型の潮流解析（13年度土木学会 西部支部講演概要集）

図6 差分法解との比較（島付近）
（左：WFDM 解、右：FDM 解）図7 差分法解との比較（沿岸部付近）
（左：WFDM 解、右：FDM 解）