

内湾の流動予測に関する情報提供システムの構築に関する研究

長崎大学工学部 学生員 ○小薄清貴 長崎大学工学部 正会員 西田 渉  
 長崎大学工学部 フェロー 野口正人 長崎大学大学院 非会員 松下紘資

1.はじめに

水域での社会基盤整備を持続可能な開発として進めるには、環境影響に関する事前予測が不可欠であるが、併せて影響の軽減にあつては、環境モニタリング等から得られる最新の環境情報を考慮した環境管理も必要と考えられる。本研究では、数値シミュレーションによって求められる予測結果は、短期的な水環境管理をより適切に進めるための一助になり得るものと考え、これらの結果を有効利用する手法について検討することにし、湾内における流れの予測結果を WWW から配信する情報提供システムの構築を試みた。

2.数値シミュレーションエンジンの概要と予備計算

流れの数値モデルで用いた基礎方程式は、流れの連続方程式、運動方程式であり、流体の密度は、塩分と浮流砂の濃度に応じて変化するものとされた。流れ場の解析にあつては、内湾の流れをなるべく妥当に取り扱えるよう3次元レベルモデルによってモデル化されている。また、流入河川については、必要に応じて1次元解析が可能なようにモデル化している。以下は、3次元レベルモデルの中間層で用いられる基礎方程式である。なお、紙面の都合上、運動方程式のうちx方向成分のみが示されている。各方程式は、陽形式の有限差分法によって離散化されている。差分格子については、スタッガード格子系が採用されている<sup>1)</sup>。

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial v h}{\partial y} + w_{l-1} - w_l = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(u \cdot uh)}{\partial x} + \frac{\partial(v \cdot vh)}{\partial y} + uw_{l-1} - uw_l = fN - \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \epsilon_x h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \epsilon_y h \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \epsilon_z \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{l-1} - \epsilon_z \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_l \tag{2}$$

ここに、 $u, v, w$ : $x, y, z$  軸方向の流速、 $h$ :層厚、 $f$ :コリオリの係数、 $\rho_0$ :流体の基準密度、 $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$ : $x, y, z$  軸方向の渦動粘性係数、である。 $z$  軸方向の渦動粘性係数は Richardson 数の関数： $\epsilon_z = \epsilon_0 \cdot (1 + 5.2 Ri)$ とされた<sup>2)</sup>。水底での摩擦応力は Manning 則によって評価された。

ここで示される情報提供システムは、一例として島原湾への適用を試みられるが、島原湾では非常に大きな潮汐変化が現れる。そのため、本数値モデルの適用にあつては、表層の設定など種々の計算条件を設定しておく必要がある。そこで、まず、島原湾の流れの詳細計算を行い、これらの条件を設定し、次いで日潮不等を考慮した計算を実施してモデルの堅牢性を確かめることにした。

図-1には、水平方向の差分間隔を  $dx=dy=400m$  として実施された表層における流速ベクトルの結果である。計算では、開境界は早崎瀬戸とされ、ここで潮位変化が与えられている。なお、幾つかの試行計算から T.P-7.0m 以浅を表層としている。計算時間間隔は 2.0sec である。この図から、水深が浅い所の流速ベクトルは、水深が深い場所に比べて小さくなっており、水底摩擦に応じた流れが計算されていることが分かり、湾内の流れを、ほぼ妥当に再現していることが分かる。

つぎに、日潮不等を考慮した潮位の計算結果を示すと図-3のとおりである。なお、日潮不等としては、主要四分潮までとし、各成分は口之津港における 1998 年のデータから調和解析によって求められた<sup>3)</sup>。図によると、開境界で与えた条件に応

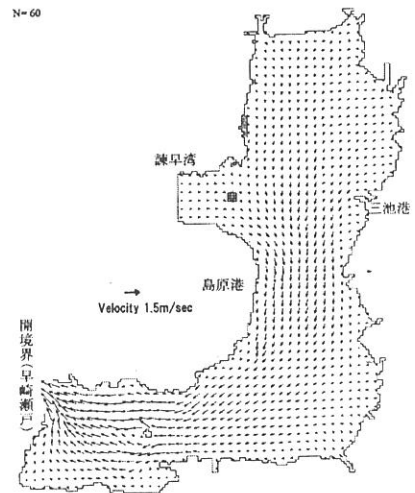


図-2 下げ潮時の流速ベクトルの分布

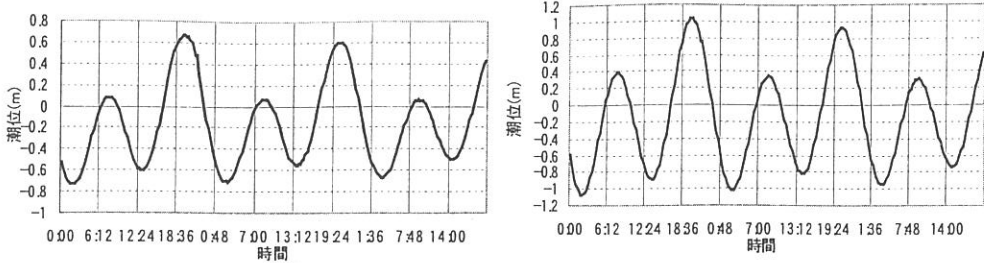


図-3 潮位の時間変化 (左:口之津, 右:大浦港)

じて潮位の変化が現れており, また, 湾奥では, 島原湾で顕著な潮差の増幅も計算されていることが分かる.

### 3. 予測情報の配信手法

本研究では, シミュレーションによって得られた情報をWWWを利用して提供する手法について検討した. 図-4には, 予測計算から情報の提示までの一連のフローが示されている. まず, 開境界で主要四分潮を与えた流れと物質輸送の計算を行い, 一定の時間間隔で計算値が出力される. つぎに, 出力結果から潮流の流況が画像処理されてWWWサーバに送られることになっている. この方法はスタンドアロン環境でのみ動作確認していたが, Xwindowを有すれば端末側からもコンソールに画像処理の結果を表示させることなく動作できる. 図-5には, WWWによって配信される流れの予測結果の一例が示されている. ここでは, 利用者が提供される情報を容易に選択し表示できるようにしている. 目下のところ, 河川水の流入や海面上を吹く風の影響などの外力は与えておらず, 検討の余地は残されているが, ある程度の流況の把握は可能と思われる. また, 実際の計算にあたり, 計算機への負荷を軽減させる必要があったために, 粗細格子法によって

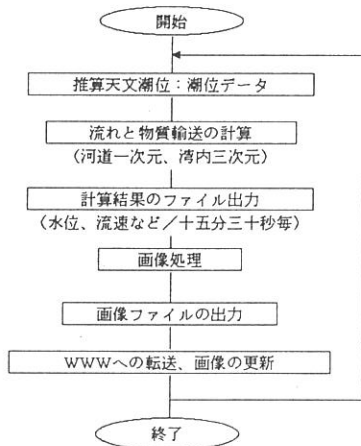


図-4 結果配信のフローチャート

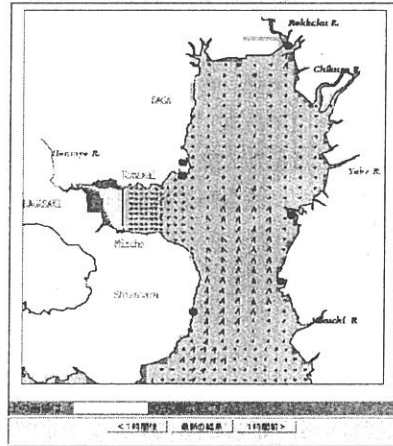


図-5 WWWによる配信画像

格子サイズを空間的に変化させている. 詳細な計算のためにも高速サーバの導入, 分散処理システムの構築などの検討が必要である.

### 4. おわりに

本研究では, 日潮不等を考慮したシミュレーションを実施することで, 数値モデルの安定性が検討され, つぎに予測結果を提供するシステムの構築を試みた. 詳細な情報提供にあたっては, 上述のとおりに残された課題も少なくなく, 数値モデルによる流れの予測精度の検討を進めると共に, 提供されるべき情報の内容の再検討などをさらに進めたいと考えている.

参考文献 1)野口, 西田(2000):水工学論文集, 第44巻, pp.1179-1184. 2)中辻, 許, 室田(1991):土木学会論文集, No.434/A1-16, pp.29-36. 3)柳(1993):恒星社厚生閣