

内の海周辺の潮汐流の数値シミュレーション

大本組 正会員○大坂 賢一
 徳島大学工学部 正会員 中野 晋
 フジタ 正会員 川村 正司
 徳島大学工学部 正会員 三井 宏

1. はじめに 図-1のように徳島県鳴門市にある内の海は島田島、大毛島、高島に囲まれた海域で、北東側の堀越水道は播磨灘に、南西側の宮ノ鼻水道は小鳴門海峡に通じており、紀伊水道と播磨灘を結ぶ水路である小鳴門海峡には数多くの船舶の往来がみられる。近年になって内の海周辺を中心としてリゾート開発の構想が打ち出され、将来内の海での急激な水質汚染が心配される。そこで本研究では、内の海の水質予測を行う上で基礎となる流れの状況を数値解析により検討する。

2. 数値計算の概要 水深方向に積分した2次元平面に対する潮流の基礎方程式(1)~(3)を大西ら¹⁾に従い、Galerkin法により、有限要素定式化した。なお時間微分の項は2段階陽的スキームを用いて離散化した。その際、質量マトリックスを対角部へ集中化する完全陽的スキーム²⁾を採用した。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \xi}{\partial x} - f v + \frac{\tau_x^b}{\rho_w(h+\xi)} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \xi}{\partial y} + f u + \frac{\tau_y^b}{\rho_w(h+\xi)} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial [(h+\xi)u]}{\partial x} + \frac{\partial [(h+\xi)v]}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

この計算では気圧変化と風の影響、水平拡散項はいずれも微小であり無視した。計算に用いた要素分割図を図-2に示す。図中の境界部の内、2重線で示される開境界(Γ_1 , Γ_2 , Γ_3)に潮位変動を与え計算した。内の海の流れの計算結果はこの3ヶ所の潮位変動に支配されるため、これらの与え方が最も重要である。そこで Γ_1 には小松島港、八木の鼻、 Γ_2 には引田、北泊、亀浦港、 Γ_3 には撫佐港、亀浦港、北泊でのそれぞれの推算潮位変動を選び、適当に組み合わせて予備計算を行った。各地点の推算潮位と内の海(撫佐港)での観測結果を比較したものを図-3に示す。内の海での潮位観測値と各ケースの計算結果を比較し、 Γ_1 には小松島港、 Γ_2 には北泊、 Γ_3 には亀浦港での推算潮位を用いることにした。計算でのタイムステップは10秒、助走計算時間は24時間で、内の海での徳島県による流速測定結果がある1989年1月22日について現況計算を実施した。このスキームでは集中化を図ったために大きな人工粘性が内在している。そこで川原²⁾にならい、補正係数を導入して集中係数の修正を行い、人工粘性の影響を軽減することを検討した。安定な計算が得られる範囲で補正係数を変化させたが、結果に大きな変化が見られなかった。そこで以下に示す計算結果に関しては集中係数についての修正は行っていない。



図-1 内の海周辺図

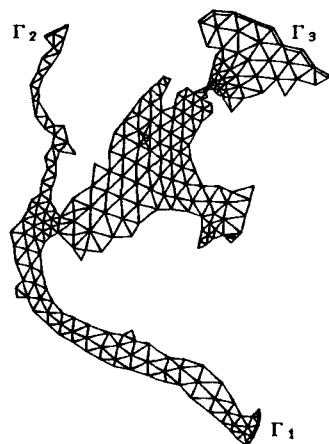


図-2 要素分割図

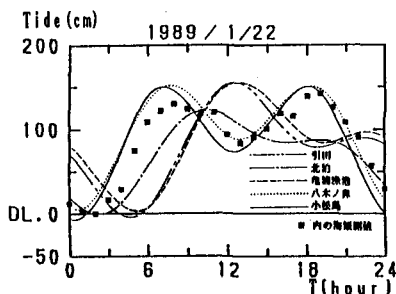


図-3 各地点の潮汐変動

3. 計算結果および考察 内の海（撫佐港）での潮位変化と堀越水道と宮ノ鼻水道での平均流速変化（東流時を+）の計算値を観測値とともに図-4～6に示す。これらの図では海底摩擦

（Manning係数）を0.0～0.035まで変化させて影響を調べているが、堀越水道での流速値の一部を除くと計算値はあまり変わらないことがわかる。図-4の潮位変化をみると観測値に比べ計算値の位相が1時間程度遅れていることや潮汐の振幅が小さく

なっていることがわかる。図-3をみると内の海の潮位が小松島港など紀伊水道の潮位変化に近い挙動を示し、亀浦港や北泊とは相関が低いことがわかる。したがって図-4に現れた相違は主として計算値に北泊や亀浦港の潮位の影響が大きめに現れたためではないかと思われる。この原因には計算で用いた海底地形データの近似度が低かったことや人

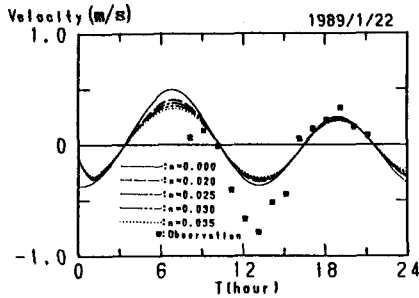


図-5 堀越水道での流速変化

工粘性によって紀伊水道側から伝播する潮汐波の減衰などが考えられ、さらに詳細な検討が必要と思われる。図-5の堀越水道での流速は15時以降の流出時の計算値が観測値と比較的一致しているが、流入時は観測値より小さい値となっている。図-6の宮ノ鼻水道での流速計算値は水道幅が約250mと堀越水道（50m）の5倍程度広いため、最大流速でも20cm/s程度と小さいが、実測では最大40cm/s程度のものが観測されている。この宮ノ鼻水道の流れは、小鳴門海峡南端からの流れに大きく支配されるが、北泊側と堀越側の影響を受け、複雑な変化を示し、徳島県の観測によると内の海の潮位が上げ潮あるいは下げ潮の状況でも宮ノ鼻では転流が始まることもある。図-7は内の海の流れが最強時の流速ベクトルの一例（1/22, 6時）である。堀越水道では約50cm/s、小鳴門海峡では約80cm/sの速い潮流が計算されている。また内の海の中央部は比較の流れており、海水交換性は高いが、大毛島側の一部で停滞水域が存在することがわかる。

謝辞 貴重なデータを快く御貸し頂きました徳島県水産課の関係者各位に心から御礼申し上げます。

参考文献 1)大西和榮監修：パソコンによる流れ解析，朝倉書店，232p.，1986

2)川原睦人：有限要素法流体解析，日科技連，pp.556～559，1985

3)徳島県水産課：内の海的环境改善に関する報告書，1990

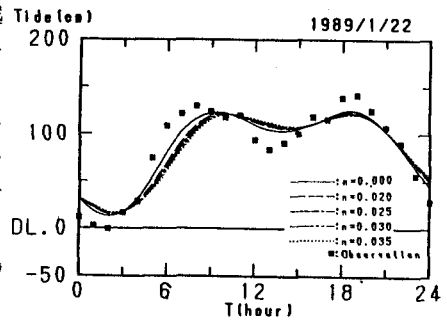


図-4 内の海での潮位変化

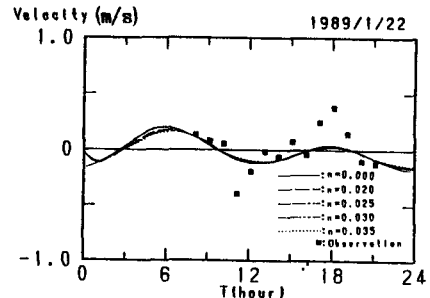


図-6 宮ノ鼻水道での流速変化

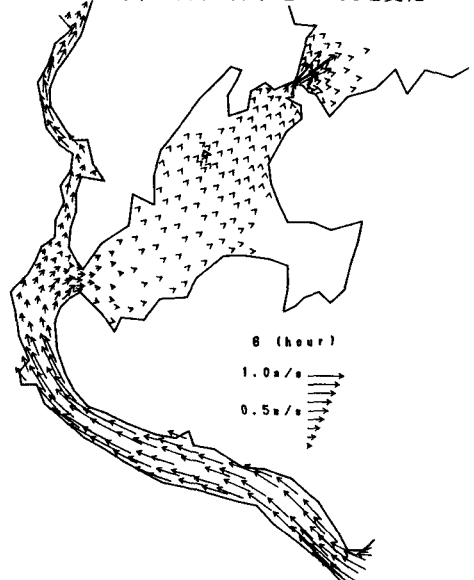


図-7 内の海内流速最強時の流速ベクトル