

紀伊水道における高潮・潮流計算

(株) 日水コン 正会員 ○鈴木健治 徳島大学工学部 正会員 中野 晋
 徳島大学工学部 正会員 三島豊秋 徳島大学工学部 正会員 三井 宏

1. はじめに 差分法であるAD1法を用いて高潮と潮流の計算を行ったが、単層モデルと2層モデルを用い、両者の違いについて検討した。

2. 高潮および潮流の基礎式 高潮および潮流の基礎式は、連続式、Navier-Stokesの方程式を鉛直方向に積分して得られるが、単層の場合は式(1)～(3)の3式、2層の場合は式(4)～(8)の5式である。

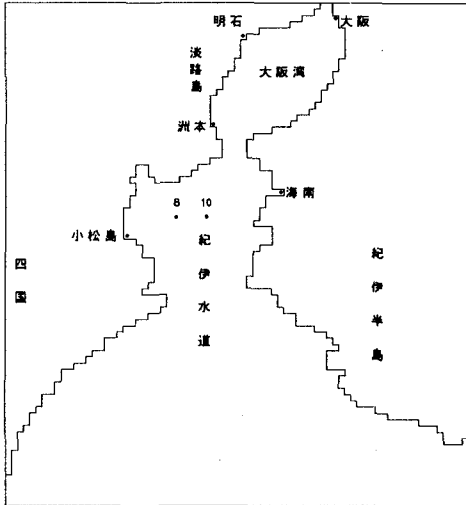


図-1 計算領域

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial \{(\xi+h)U\}}{\partial x} + \frac{\partial \{(\xi+h)V\}}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = fV - g \frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P_*}{\partial x} + \frac{\tau_x^b - \tau_x^t}{\rho(\xi+h)} + A_* \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -fU - g \frac{\partial \xi}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P_*}{\partial y} + \frac{\tau_y^b - \tau_y^t}{\rho(\xi+h)} + A_* \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

および

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial \{(\xi+h)U\}}{\partial x} + \frac{\partial \{(h-l-h)U\}}{\partial x} + \frac{\partial \{(\xi+h)V\}}{\partial y} + \frac{\partial \{(h-l-h)V\}}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial U_1}{\partial t} + U_1 \frac{\partial U_1}{\partial x} + V_1 \frac{\partial U_1}{\partial y} + \frac{w}{2(\xi+h)} (U_1 - U_2) = fV_1 - g \frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{1}{\rho_1} \frac{\partial P_{*1}}{\partial x} + \frac{\tau_x^b - \tau_x^t}{\rho_1(\xi+h)} + A_{*1} \left(\frac{\partial^2 U_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_1}{\partial y^2} \right) \quad (5)$$

$$\frac{\partial V_1}{\partial t} + U_1 \frac{\partial V_1}{\partial x} + V_1 \frac{\partial V_1}{\partial y} + \frac{w}{2(\xi+h)} (V_1 - V_2) = -fU_1 - g \frac{\partial \xi}{\partial y} - \frac{1}{\rho_1} \frac{\partial P_{*1}}{\partial y} + \frac{\tau_y^b - \tau_y^t}{\rho_1(\xi+h)} + A_{*1} \left(\frac{\partial^2 V_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_1}{\partial y^2} \right) \quad (6)$$

$$\frac{\partial U_2}{\partial t} + U_2 \frac{\partial U_2}{\partial x} + V_2 \frac{\partial U_2}{\partial y} + \frac{w}{2(h-l-h)} (U_1 - U_2) = fV_2 - g \frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{1}{\rho_2} \frac{\partial P_{*2}}{\partial x} + \frac{\tau_x^b - \tau_x^t}{\rho_2(h-l-h)} + A_{*2} \left(\frac{\partial^2 U_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_2}{\partial y^2} \right) \quad (7)$$

$$\frac{\partial V_2}{\partial t} + U_2 \frac{\partial V_2}{\partial x} + V_2 \frac{\partial V_2}{\partial y} + \frac{w}{2(h-l-h)} (V_1 - V_2) = -fU_2 - g \frac{\partial \xi}{\partial y} - \frac{1}{\rho_2} \frac{\partial P_{*2}}{\partial y} + \frac{\tau_y^b - \tau_y^t}{\rho_2(h-l-h)} + A_{*2} \left(\frac{\partial^2 V_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_2}{\partial y^2} \right) \quad (8)$$

3. 高潮の追算結果 高潮については、昭和36年9月16日に来襲した第2室戸台風について追算を行ったが、計算条件は次の通りである。計算領域を図-1に示したが、格子は2km×2kmで、明石において開境界点が1点ある。タイムステップは40sec、初期条件は、流速を0、水位は気圧降下による吸い上げ分を与え、開境界点における水位も、気圧降下による吸い上げ分を与えた。台風モデルの気圧分布はMyersの式を用い、風速は実測値よりやや大きいものを用いている。計算対象時間は、15日15時から16日21時までの30時間である。

単層モデル、2層モデルを用いて計算した結果を実測値

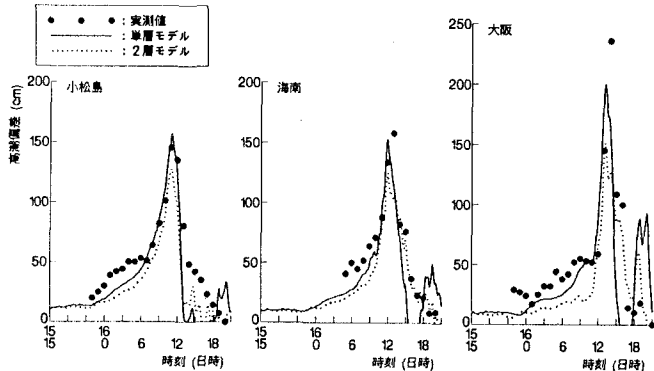


図-2 高潮の追算結果

と比較して図-2に示す。全体的な傾向は両モデルとも実測値と合っているが、2層モデルの最大偏差が単層モデルより小さくなっている。2層モデルでは、上層、下層での流動が大きくなるため、水位変化が小さくなると思われる。

4. 潮流の計算結果 潮流については、 M_2 潮のみを考えたが、計算条件は次の通りである。計算領域は図-1、格子は $2\text{ km} \times 2\text{ km}$ 、タイムステップは 40 sec であり、高潮の場合と同様である。初期条件は、流速を0、水位は明石と、明石と同経度の下端開境界線上の点(室戸と串本から内挿)から内挿して与え、開境界点において与える水位は、右端開境界では串本の推算値を、下端開境界では室戸と串本の推算値を内挿して与えた。また、児玉ら³⁾による無反射境界条件を、下端、右端において用いた。

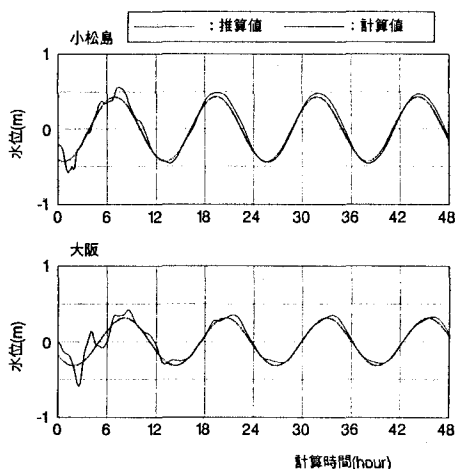


図-3 単層モデルでの計算結果

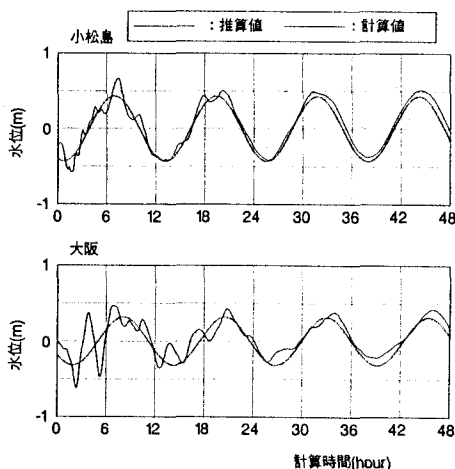


図-4 2層モデルでの計算結果

単層モデルでの計算結果を図-3に、2層モデルでの計算結果を図-4に推算値と比較して示す。2層モデルの方が安定するまで時間がかかっているようであるが、両モデルともほぼ推算値と合っているようである。

次に、計算時間32時から44時までの12時間について、単層モデル、2層モデルの上層の潮流楕円を図-5に実測値⁴⁾と比較して示す。なお、どの楕円も右回りである。2層モデルの上層の流速が単層モデルより大きい、実測値より小さい計算値となっており、測点8では楕円の傾きも違っている。測点8と10の計算値の傾きは同じであるが実測値は異なっており、現地において起こる局所的な流れは 2 km メッシュでは表現できないのであろう。

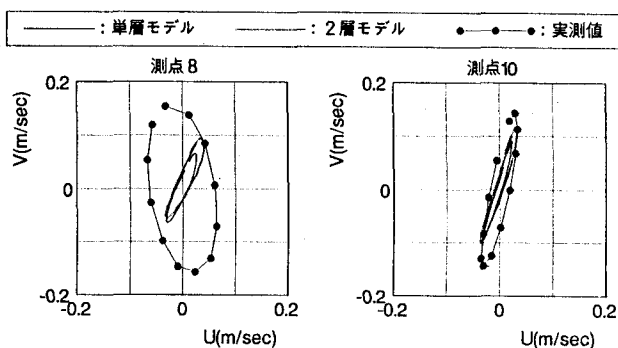


図-5 潮流楕円

参考文献 1) 村上和男・森川雅行・堀江 毅: A D I 法による高潮の数値計算法, 港湾技研資料, No. 529, pp. 1-35, 1985. 2) 村上和男・森川雅行: 有限要素法による二層の潮流及び拡散計算, 港湾技研資料, No. 495, pp. 1-12, 1984. 3) 児玉敏雄・川原陸人: 有限要素法による潮流解析における入射境界条件の処理, 第44回年次学術講演会講演概要集第2部, 土木学会, pp. 600-601, 1989. 4) 運輸省第三港湾建設局: 紀伊水道地域の利用にかかる潮流拡散模型実験報告書, pp. 1-12, 1980.