

洪水流出による大阪湾の 流況の予測について

京都大学工学部 正員 岩佐 義朗 西松 建設 正員 湊 康裕
京都大学大学院 学生員 ○木下 昌樹

1.はじめに： 本報は、淀川および大和川の洪水流出時における大阪湾河口沿岸域の流況の予測を試みたものである。予測方法としては数値解析手法をとり、また用いる数値解析モデルについては、従来これに似た研究において主流を占めている平面二次元モデル、および比較検討を行うために三次元モデルもとりあげ、これら二つのモデルについてそれぞれ数値シミュレーションを行う。これにより、モデルの違いによって結果にどのような差異が現れるかをみるとともに、三次元モデルにおいては計算条件の相違が解析結果に与える影響についても検討する。

<二次元モデル>

2.基礎方程式： x, y, z 軸はそれぞれ東、北、鉛直上向きを正にとる。基礎方程式は、二次元モ

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{\Delta} (u\eta)_x + \frac{1}{\Delta} (v\eta)_y = f\eta - g(H+\xi) \frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{L_u}{\Delta} \quad (1)$$

デルの場合(1)~(3)、三次元モデルの場合(4)~

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{\Delta} (u\eta)_x + \frac{1}{\Delta} (v\eta)_y = -f\eta - g(H+\xi) \frac{\partial \xi}{\partial y} - \frac{L_v}{\Delta} \quad (2)$$

(8)で、記号は慣用に従っている。境界条件は、

<三次元モデル>

河川境界においては河川流入に相当する水理量を

$$\frac{\partial u}{\partial t} + Lu = fv - \frac{1}{R} \frac{\partial \tau}{\partial x} + A_h \tau u + A_v \frac{\partial u}{\partial z} \quad (4)$$

与え、海域の境界においては水位を境界条件として与える。また三次元モデルの場合水面($z=\xi$)で

$$\frac{\partial v}{\partial t} + Lv = -fu - \frac{1}{R} \frac{\partial \tau}{\partial y} + A_h \tau v + A_v \frac{\partial v}{\partial z} \quad (5)$$

は $w_s = \frac{\partial \xi}{\partial t} + u_s \frac{\partial \xi}{\partial x} + v_s \frac{\partial \xi}{\partial y}$ とし、水底($z=-H$)では $w_b =$

$$0 = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau}{\partial z} \quad (6)$$

$u_b \frac{\partial H}{\partial x} + v_b \frac{\partial H}{\partial y}$ とする。水底のせん断応力について

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (7)$$

は二つのモデルともに $L_u/R = gn^2 u \sqrt{uv} / (H+\xi)^{1/3}$ 、

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + L \delta \rho = K_h \tau \delta \rho + K_v \frac{\partial \rho}{\partial z} \quad (8)$$

$L_v/R = gn^2 v \sqrt{uv} / (H+\xi)^{1/3}$ で与えることにする。ただし $L = u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}$ 、 $\rho = \rho_0 - \delta \rho$

これら基礎方程式を leap-frog 法で差分化し、解析を行う。

3.計算条件： 明石海峡および紀淡海峡を含む大阪湾全域を計算の対象領域とし、水平面内の x, y 方向にそれぞれ 1 km ごとに分割し、三次元モデルにおいてはさらに鉛直方向に最大 28 層に分割し、時間ステップ Δt は $\Delta t = 10 \text{ sec}$ とした。また河川流入については淀川と大和川のみを対象とし、流入流量は計算開始後 1 時間で計画高水流量の $12000 \text{ m}^3/\text{sec}$ および $5200 \text{ m}^3/\text{sec}$ に達し、その後はこのままこの流量が続くものとした。 A_h, K_h については $A_h = 10.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ 、 $K_h = 10.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ の一定値をとることにし、 A_v, K_v については、局所 Richardson 数 $Ri = -g(d\rho/dz)/\rho(du/dz)^2$ の関数として $A_v = A_v e^{-m Ri}$ 、 $K_v = K_v e^{-r Ri}$ で与え、 $A_v = 0.02 \text{ m}^2/\text{sec}$ 、 $K_v = 0.02 \text{ m}^2/\text{sec}$ 、 $m = 1.5$ 、 $r = 3.0$ とした。初期条件は静止水位として、 $0. \text{ P.} + 2.2 \text{ m}$ を与えた。

4.結果： まず二次元モデルを用いた数値計算を実行した。図 1 はこのうち、計算開始後 8~12 時の 4 時間の値を平均した水位分布図および流速ベクトル図である。図 2 は先の図と同時間の三次元モデルによる結果であり、流速ベクトルは表層のものである。これらを Yoshiaki IWASA, Yasuhiro MINATO, Masaki KINOSHITA

見ると、二つのモデルの間には水位、流速ともに差異がみられる。水位上昇量をみると、三次元モデルの値は二次元モデルに比べ約5倍になっている。これは、三次元モデルの場合密度を考慮しているためで、密度の小さい河川水が密度の大きい海水の方へ流れていくには、それに見合う水位差が必要であり、これが水位上昇の一因になっていると思われる。また、流速については三次元モデルの流速が速くなっている。ここで三次元モデルにおける密度に着目し、河口付近の鉛直方向の混合をみたところ、表層部では河川水との混合がみられたが、それ以深では混合がみられず海水のままの停滞した状態であった。このために、流れの有効断面積が減少し、表面流速が速くなっているものと思われる。そこで、鉛直方向の運動を促進させるために A_{ve} 、 K_{ve} の値を大きくして同様に計算を行ってみたが、流況に

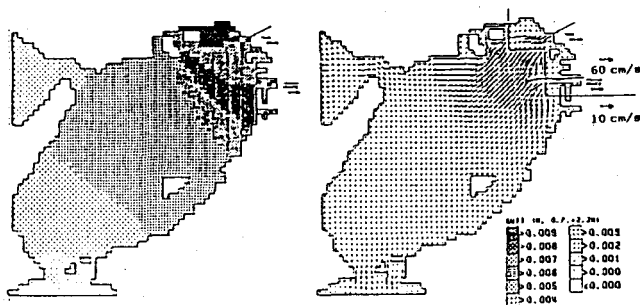


図 1

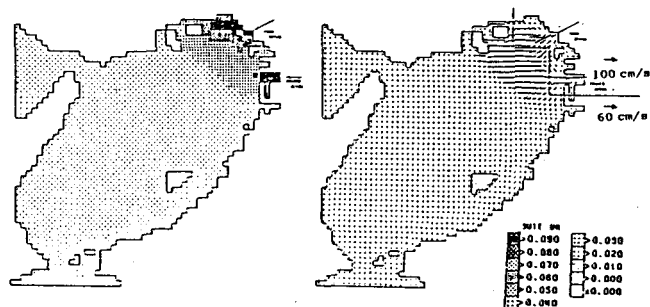


図 2

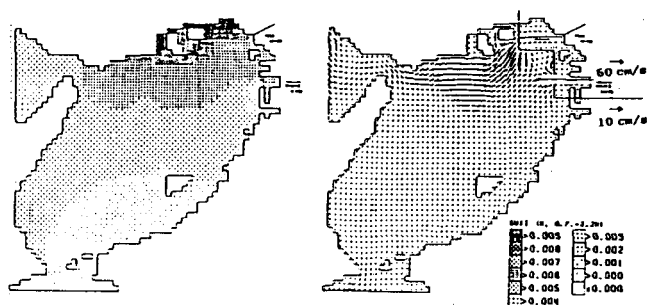


図 3

与える影響は小さかった。つぎに、二次元モデルとの比較検討のために、領域内の海水の密度をすべて淡水の密度と等しいと想定して計算を試みた。図 3は、その 8~12時の4時間の値を平均した水位分布図および表面流速ベクトル図である。この計算により得られた結果をみると、流速ベクトルについては二次元モデルと多少異なるが、水位上昇量については、二次元モデルとよく似た結果となっている。このように三次元モデルにおいては、計算結果が密度の与え方にかかなり依存しているものと思われる。

5. 今後の研究課題： 今回は、潮位変動および風を考慮せずに解析を行ったが、実際の洪水時には、それらが河口沿岸域の流況に与える影響は小さくないと考えられるので、それらの影響をも考慮した条件での解析を行う必要があると思われる。

(参考文献) 1) 昭和52年度琵琶湖南湖の水利と数値予測に関する検討業務報告書、建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所 昭和53年
2) 岩佐、井上、劉、阿部；琵琶湖湖流の三次元的な解析、京都大学防災研究所年報第26号別冊