

II-370

高潮の三次元的解析に関する研究

京都大学大学院	学生員	松村貴義
京都大学大学院	学生員	武田 誠
京都大学防災研究所	正会員	井上和也
京都大学防災研究所	正会員	中川 一

1. はじめに 本研究では、大阪湾を対象領域とし、高潮解析に用いる開境界の潮位、および外力としての風速場に関して、従来のモデルから得られる値と実測から得られる値による補間値をそれぞれ用いて検討を行った後、従来の二次元解析モデルと新たに提示する三次元解析モデルを用いて高潮解析を行い、両者を比較検討した。ただし、三次元解析モデルでは、設定した層厚ごとに分割するレベルモデルを用いた。

2. 三次元的高潮解析に関する基礎方程式 鉛直方向の流速は水平方向のそれらに比べ小さいとして浅水近似を用い、各層ごとにレイノルズ式と連続の式を鉛直方向に積分して基礎式とする。z方向の運動方程式は、静水圧分布式となり、これより以下の式を得る。ただし、海面から数えて第k番目の層をk層とし、以下k層における方程式を示す。

$$\frac{\partial M_k}{\partial x} + \frac{\partial N_k}{\partial y} + w_k - w_{k+1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M_k}{\partial t} + \frac{\partial(u_k M_k)}{\partial x} + \frac{\partial(v_k M_k)}{\partial y} + |w u|_{k_u} - |w u|_{k_l} = -g h_k \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{h_k}{\rho_w} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon_x \frac{\partial M_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial M_k}{\partial y} \right) + \epsilon_z \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{k_u} - \epsilon_z \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{k_l} + f N_k \quad (2)$$

$$\frac{\partial N_k}{\partial t} + \frac{\partial(u_k N_k)}{\partial x} + \frac{\partial(v_k N_k)}{\partial y} + |w v|_{k_u} - |w v|_{k_l} = -g h_k \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{h_k}{\rho_w} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon_x \frac{\partial N_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial N_k}{\partial y} \right) + \epsilon_z \frac{\partial v}{\partial z} \Big|_{k_u} - \epsilon_z \frac{\partial v}{\partial z} \Big|_{k_l} - f M_k \quad (3)$$

ここに、h:層厚、M,N:x及びy方向のフラックス、u,v,w:x,y及びz方向の流速、H:基準面から自由水面までの高さ、 P_0 :自由水面での大気圧、 ρ_w :海水の密度、g:重力加速度、f:コリオリの係数、 ϵ_x, ϵ_y :水平方向の渦動粘性係数、 ϵ_z :鉛直方向の渦動粘性係数で、添字のu,lは各層の上面および下面を表す。また、表層(s)、および底層(b)でのせん断力を以下に示す式で求める。

$$\tau_{sx} = \rho_a \gamma^2 W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \quad \tau_{sy} = \rho_a \gamma^2 W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \quad (4)$$

$$\tau_{bx} = \frac{\rho_w g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} - k \tau_{sx} \quad \tau_{by} = \frac{\rho_w g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} - k \tau_{sy} \quad (5)$$

ここに、 ρ_a :空気の密度、 γ^2 :自由水面上での抵抗係数、 W_x, W_y :自由水面上でのxおよびy方向の風速、k:定数で、1層モデルでは $k=0.25$ 、多層モデルでは $k=0$ である。

3. 計算条件 まず計算対象領域に、図1に示すような大阪湾をとり、台風7916号を用いて計算を進める。格子は、 $\Delta x=1145$ m、 $\Delta y=922.5$ m、時間間隔は $\Delta t=10$ secとした。開境界の潮位には、推算天文潮に気圧降下による吸い上げ効果と、吹き寄せの効果を加算したモデル潮位、あるいは開境界上にある東二見・和歌山での観測潮位を与えた実測潮位の2ケースを、風速場には、台風モデル¹⁾によるモデル風、あるいは大阪湾域部の13地点の観測値の内挿補間による実測風²⁾を与える。それらの組み合わせにより、表1に示す計4ケースで計算を進めた後、1つのケースを選定して層数を1層から5層まで変化させて3次元解析を行う。

表1 ケース設定

	潮位	風
CASE I	実測潮位	実測風
CASE II	実測潮位	モデル風
CASE III	モデル潮位	モデル風
CASE IV	モデル潮位	実測風

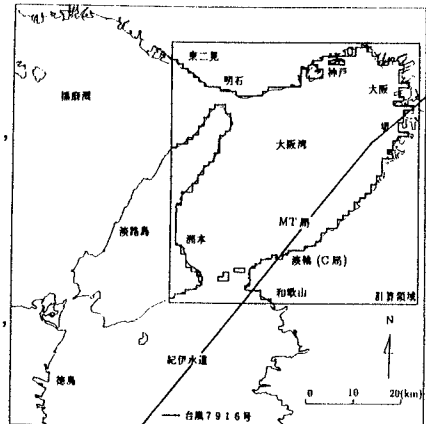


図1 計算領域

4. 計算結果 図2に各ケースごとの、図3に各層数ごとの大阪北港における潮位の計算値をそれぞれ示す。まず、図2において実測風及び実測潮位を用いたケースが、観測潮位を比較的良く再現している。また、図3において層数による有意な差はみられなかったが二次元（1層）計算と総数を増やした三次元計算との間に、わずかな潮位差がみられ、1層モデルでの計算の結果の方が、潮位の時間的な変化が大きくなっていることがうかがえる。また、図4に3層計算の第1層と第2層の水平面内の流速分布を示す。図に示すとおり層数を3とした場合の第1層には第2層の流速分布とは異なった方向の流速分布が現れ、第1層には1層計算に比べかなり大きな流速が現れている。

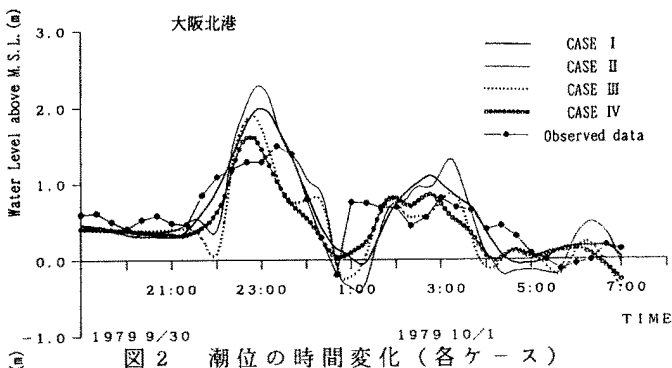


図2 潮位の時間変化（各ケース）

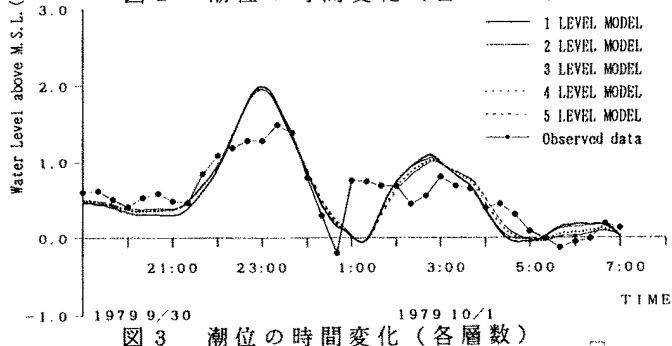


図3 潮位の時間変化（各層数）

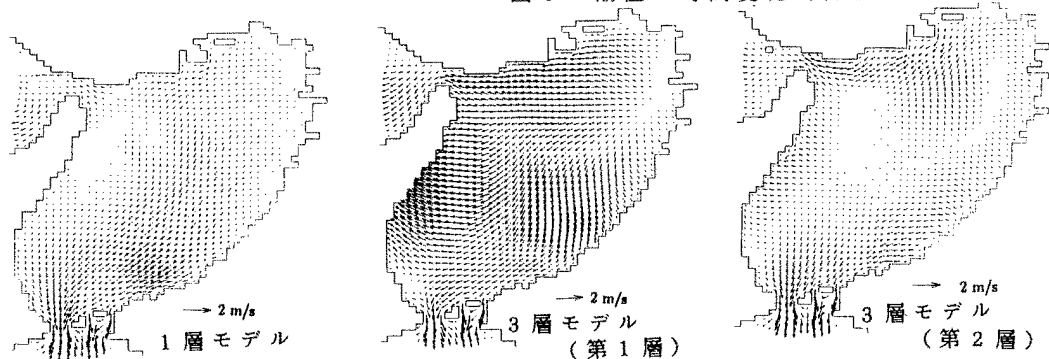


図4 流速分布図（1979年10月1日午前0時）

5. おわりに 高潮解析法としてレベルモデルを用いた三次元解析法を提示した。まず、開境界のおよび流速場については、ともに実測値を用いた方が観測値に近い計算結果を示しているが、予測計算を行う場合には、開境界でのより高度な潮位の推定モデル、および地形の影響が評価可能な台風モデルの開発などが望まれる。次に三次元解析については、二次元解析とほぼ同様の潮位を得た。しかし、海岸構造物の設計などのように流速分布が考慮されるべき場合には、流速が平均化される1層モデルに対し、鉛直方向の層数を増やすことにより流速分布をより正確に表す事が可能な多層モデルの方が有効であろうと思われ、今後重視されると考えられる。

6. 参考文献

- 1) 藤井健・光田寧：台風の確率モデルの作成とそれによる強風のシミュレーション，京都大学防災年報，第29号B-1，pp. 229-239，1986。
- 2) 土屋義人・山下隆男・岡扶樹：2レベルモデルによる高潮の追算 — 台風7916号による大阪湾の高潮，第28回海岸工学論文集，pp. 54-58，1981