

東海大学工学部 学生員 窪田 桂*
 防衛大学校 正員 正村 憲史**
 東海大学工学部 正員 後藤 智明*

1. はじめに

洪水時の河口部における鉛直流速構造と水位の平面分布を計算することは難しい。1次元計算では断面平均流速しか計算することができない。2次元計算では、河口部における河川水と海水の密度差の影響を計算することが難しい。また、3次元計算では鉛直方向の流速分布、密度差の影響など計算できるが、計算に時間がかかる。よって本研究では、鉛直方向の緒量をフーリエ級数展開し、ガラーキン法を用いて定式化した簡易的な3次元計算モデルを用いて、河川洪水流の東京湾への影響解析を行う。

2. 数値計算法

鉛直方向の運動方程式は静水圧分布が成り立つものと仮定する。また、水平方向の流速(u,v)、および密度ρは余弦関数で与える。そして計算に利用する、運動方程式と密度の拡散方程式は0次から4次までフーリエ級数展開したものをガラーキン法により定式化したものを基礎方程式とする。右に示した式は0次の運動方程式である。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} [u_0 D] + \frac{\partial}{\partial x} [u_0^2 D] + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} [u_1^2 D + u_1^2 D + u_1^2 D] + \frac{\partial}{\partial y} [u_0 v_0 D] + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial y} [u_1 v_1 D + u_1 v_1 D + u_1 v_1 D] \\ & = f_0 D + g D \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{g D^2}{\rho_0} \frac{\partial \rho_0}{\partial x} \left[\frac{1}{2} - \frac{2}{\pi^2} \left(\frac{\rho_1}{\rho_0} \right) - \frac{2}{9\pi^2} \left(\frac{\rho_2}{\rho_0} \right) \right] - \frac{g D^2}{\rho_0} \left(\frac{2}{\pi^2} \frac{\partial \rho_1}{\partial x} + \frac{2}{9\pi^2} \frac{\partial \rho_2}{\partial x} \right) \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left[D \epsilon_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} \right] - \epsilon_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} - \epsilon_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left[D \epsilon_1 \frac{\partial u_1}{\partial y} \right] - \epsilon_1 \frac{\partial u_1}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y} - \epsilon_1 \frac{\partial u_1}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{C}{D} \sqrt{u^2 + v^2} \cdot u_1 : \text{底面摩擦} \\ & u_3 = u_0 - u_1 + u_2 - u_3 + u_4 \\ & u_4 = u_0 + u_1 + u_2 + u_3 + u_4 \end{aligned}$$

3. 計算条件

東京湾を計算の対象領域とし、全体を200mの正方格子で分割する。流量は計算を安定させるため計算開始10時間後にFig.1に示した流量になるように設定し、密度は計算量域全体で海水(1.022)を与える。時間が経過するごとに、各河川の淡水流入境界で密度を直線的に減少させていき、10時間後に淡水(1.00)になるように設定する。また、東京湾口での境界条件は密度、流量ともに計算領域外へ自由流出とする。

4. 数値計算結果

Fig.1~Fig.5が計算結果である。Fig.1は東京湾の流速ベクトル図である。Fig.2より多摩川の河口付近に渦が2つ発生することがわかる。これは荒川と江戸川の影響と思われる。Fig.3では各河口で5~10cmの水位上昇が見られる。多摩川の南側まで水位が高い場所があるが、これも荒川と江戸川の影響と思われる。Fig.4に示した密度の分布は、各河口付近で減少しているが、やはり多摩川の南側で密度の減少の範囲が大きいことがわかる。Fig.5は流速と密度の鉛直分布を示したものである。河口部付近の鉛直流速分布は、非常に複雑な形となる。また密度分布は、水表面と水底ではかなりの差がでる。

5. おわりに

東京湾における洪水流の影響解析を行った結果、ここで利用した簡易3次元モデルでも河川洪水流の海域への流出計算が可能ながわかる。水位の上昇は多摩川の南側まで広がっており、荒川と江戸川の影響も大きい。今後は境界条件の検討と河口部の流れをより正確に再現するため曲線座標系の利用を考えたい。

【参考文献】

- 1) 富所五郎・荒木正雄・吉田宏司：開水路の流れの3次元数値解析法、水理講演会論文集、第29巻、pp.727-732, 1985

河川洪水流, 3次元計算、フーリエ級数展開、ガラーキン法

*〒259-12 神奈川県 平塚市 北金目 1117 0463-58-1211

**〒239 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 0468-41-3810

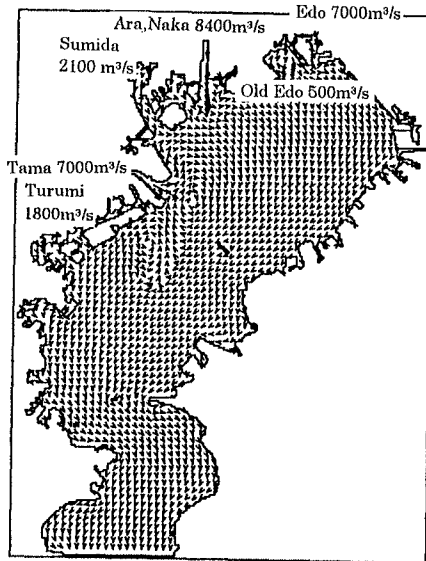


Fig.1 Velocity vector

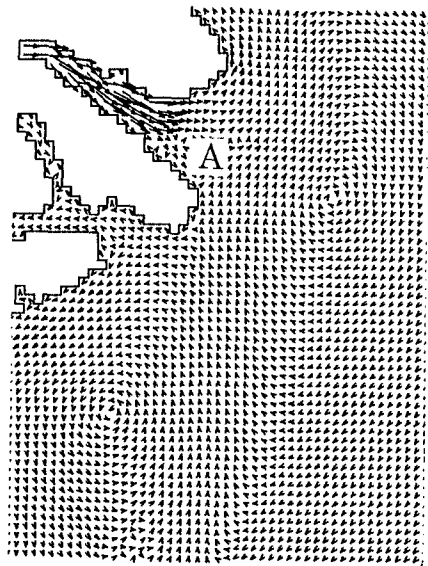


Fig.2 Velocity vector in Tama-River estuary

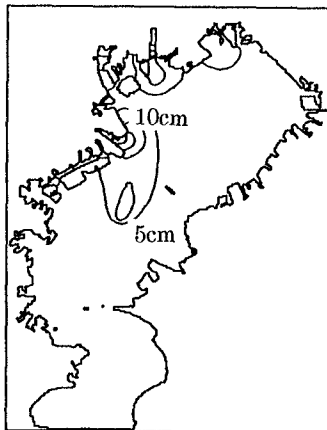


Fig.3 Water level distribution

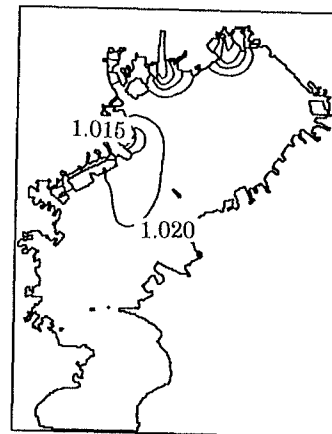


Fig.4 Water density distribution

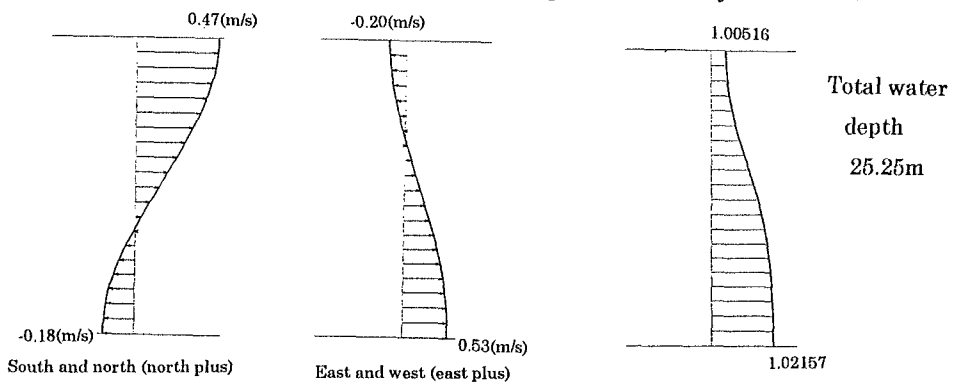


Fig.5 Velocity distribution of vertical direction at point A