

大阪大学大学院	学生会員	石塚正秀
戸田建設㈱	正会員	○多能 幹
大阪大学工学部	正会員	中辻啓二

1. はじめに

海岸工学の地球環境小委員会に1994年に設立された Estuarine Engineering (河口・沿岸域環境工学) WG の活動の一つとして、3次元バロクリニック流れの数値モデルのコンペを企画している。それは、それぞれがその取り扱いに悩みながらも、公言したくない know-how 的な内容まで立ち入った議論をすることにより、全体のレベルを上げるという試みである。理想だと一笑される人も居るが、努力して行っている。検証用のデータは EC-Grant 共同研究として Delft 水理研究所で実施された「湾口形状や密度勾配が港湾内の流動に及ぼす影響」である。5月中旬にそれぞれ自慢のモデルの計算結果を持ち寄り、コンペを開催する予定である。阪大では Osaka Daigaku Estuarine Model (ODEM) と Princeton Ocean Model (POM) の適用を試みたので報告する。

2. モデルの概要

POM は Blumberg and Mellor (1987) により Princeton 大学で構築されたモデルであり、公開されていることから ASCE グループでは汎用的に使われている。 σ 座標変換により海底面の起伏を滑らかに表現できることと、Mellor-Yamada の乱流モデルを採用していること、また mode-splitting を使用していることに特徴がある。ODEM の詳細は中辻(1996) がまとめているので参照されたい。今回の数値実験における両者の違いは、乱流モデル、mode-splitting と格子間隔があげられる。水平方向の乱流拡散係数はどちらのモデルも Smagorinsky 型拡散を用いている。ODEM では等間隔格子、鉛直方向の乱流拡散には成層化効果を Richardson 数の関数として表現している。

3. 水理実験の内容

Delft 水理研究所の密度水路(長さ130m、幅1m、水深0.25m)の下流から24.5mに1m×1mの港湾を設置して、港口を種々変えた実験を行っている。下流端で振幅5cmと2.5cmの正弦振動を発生させ、また、密度効果の実験では下流から塩水(密度差20kg/m³)、上流から淡水(10 l/s)を流入させた。水位・流速・塩分変動ならびに密度・乱れの空間分布が計測されている。

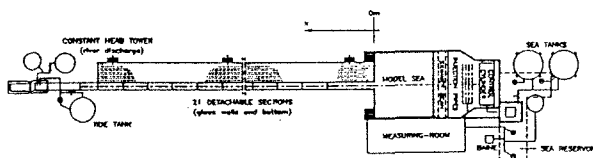


図1：Delft 潮汐水路の概要図 (平面図)

4. 計算結果

図2は均質な場合の水理実験、ODEM、POMによる残差流の結果を示す。ODEM・POMともにセルの平均値を計算するため、この場合、水深方向に積分した残差流は計算結果では断面を直行する方向の流速の収支は0となる。それに対して、実験は点における流速しか計測されていないために流速の大きさは過大評価となる。ODEMとPOMを比較すると港内での流動はほぼ同様の結果が得られている。また、POMは不等間隔格子であるために港内の流動が細やかに表現されている。図3.4より、ODEM・POMはともに密度差のある場合の流れ(上層、下層)を十分に再現している。下げ潮完了時に、水路は上流からの淡水供給により上下層とも淡水で満たされる。港内の上層には潮時を通して比較的密度の低い塩水(密度差2~4 kg/m³)が存在しており、下げ潮完了時には港口の海側から淡水が流入してくる。一方、下層は密度差の高い塩水(密度

Masahide ISHIZUKA, Keiji NAKATSUJI

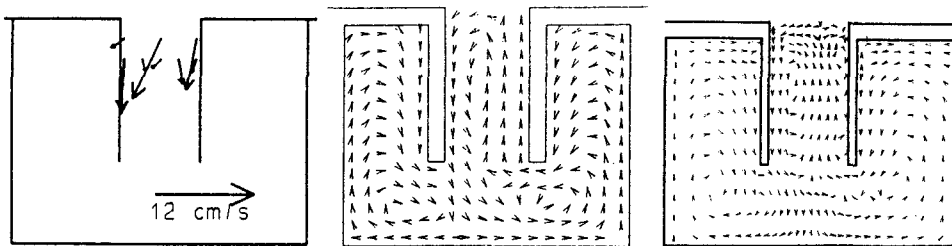


図 2 : 水深方向に積分した潮汐残差流、密度差無し (左から、水理実験、ODEM、POM)

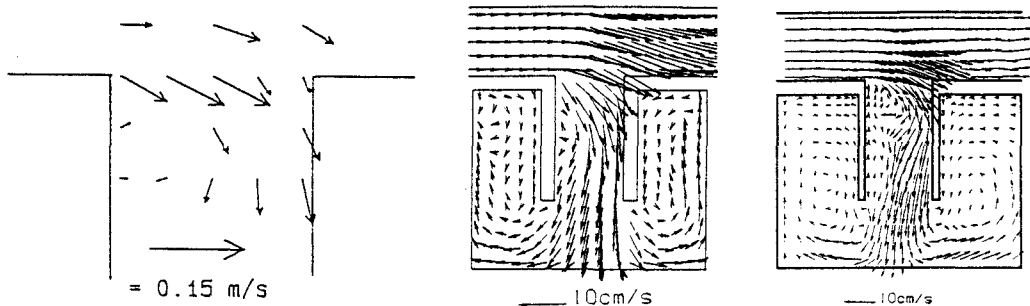


図 3 : 流速ベクトル、密度差有り、下げ潮完了時、底面から 19 cm (左から、水理実験、ODEM、POM)

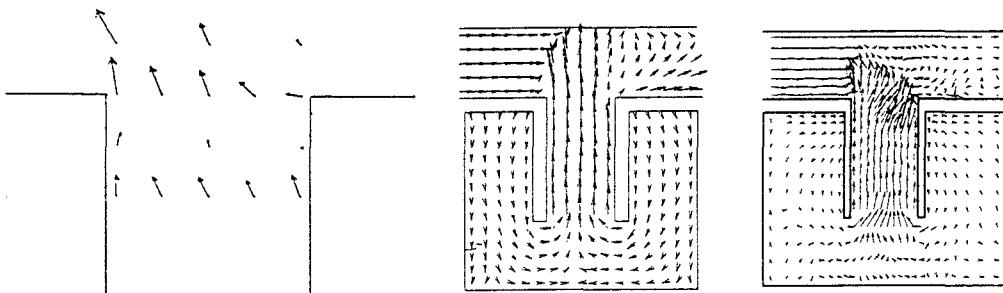


図 4 : 流速ベクトル、密度差有り、下げ潮完了時、底面から 2 cm (左から、水理実験、ODEM、POM)

差 $12 \sim 18 \text{ kg/m}^3$ が存在するために、その密度勾配によって港内の塩水が水路に流れ出ている。

5. まとめ

上図以外の平均分布特性の比較から総合的に見て、ODEM と POM はそれぞれ流れを再現するのに十分なモデルであることが言える。ODEM は等間隔格子であるために、またマルチレベルモデルであるために計算時間が多くかかる問題点がある。しかし、これらを除けば、壁面、底面の取り扱いが容易である点や成層化関数の導入により密度流の計算に適している点、プログラム全体が陽解法で書かれているため理解しやすい点の長所を有している。一方、POM は不等間隔格子の採用とモードスプリッティング法による 2 次元と 3 次元計算との分離により計算時間は ODEM に比べて圧倒的に速い。しかし、境界面に沿う格子に対してもそのまま計算してしまうため、複雑な地形や分解能の低い計算には適さないという短所を持っている。以上のことから、ODEM と POM はそれぞれに適した地形条件や境界条件に応じてモデルを使い分けることにより、効率的な計算を行うことができる。

参考文献

- ・中辻啓二(1996) : 数値流体力学、第 4 巻、第 4 号、p306-332
- ・Blumberg, A. F. and G. L. Mellor(1987) : a description of a three-dimensional coastal ocean circulation model, Vol.4, edited by N. Heaps, pp.208, American Geophysical Union, Washington, D. C.
- ・Falconer, R. A et al. (1994) : EC-LIP1 harbour studies / Tidal flume measurements.