

大阪大学大学院 学生会員 石塚正秀
大阪大学工学部 正会員 中辻啓二

1. はじめに

海岸工学委員会の地球環境小委員会内に設置された Estuarine Engineering Working Group (通称 EEWG)では、その活動の一つとして3次元数値モデルのコンペを試みようとしている。これは個人または団体の所有する数値モデルの精度向上を目指している。モデリングの考え方、境界条件の設定法、数値計算法の違いが計算結果にいかなる影響を及ぼすかを披露し合い、比較・検討することによりモデルの精度向上とともに参加者の物理現象の理解を高めることを目的としている。つまり、境界の与え方、計算の発散の抑制法や精度等、公の論文では記述されない know-how までも積極的に討論することを念頭においている。

検証用の水理実験は EC-Grant の活動の下で Delft 水理研究所で実施された港内の流動構造である¹⁾。大阪大学では、大阪湾、東京湾で適応してきた ODEM (Osaka Daigaku Estuarine Model) と ASCE のメンバーを中心に汎用的に使われている POM (Princeton Ocean Model) の数値計算を行ったので報告する。

2. 水理実験の概要

実験に用いられた潮汐水路は、長さ 130m、幅 1m、水深 0.25m の密度流実験用水路である。下流から 24.5m の位置に幅 1m の港口を持つ港を設置して、港の形状を変えた場合の影響を調べている。本研究では、Delft 型港 (図1参照、左：上流、右：下流) の水理実験の結果を用いた。密度差のない場合には、下流端から振幅 5cm の強制振動を与えている。密度差のある場合には、振幅 2.5cm、塩分注入システムにより密度差 (20kg/m³) が下流端で与えられ、上流端から淡水の流入 (10 l/s) が与えられた。

3. 数値モデルの概要

POM は Blumberg and Mellor により開発され²⁾、現在も数多くの研究者によって改良が加えられている。特徴としては、基礎方程式の数学的な変換 ($\sigma = (z - \eta) / (H + \eta)$)、 η : 水位、 H : 水深、Mellor and Yamada の乱流モデル、Mode splitting などがあげられる。一方、ODEM は大阪大学で開発された³⁾。特徴は、マルチレベル、成層化関数の導入があげられる。モデルの詳細は参考文献に記す。

4. 計算結果

数値計算を行う場合、特に潮汐振動を伴う計算では定常状態に達するまでに多くの計算時間を有する。今回の計算では、1 潮汐あたり POM では約 3 時間、ODEM では約 6 時間であった。

a) 密度差のない場合: 図1, 2 は POM による 2次元・3次元計算の結果である。上げ潮最強時には港口の上流寄りの位置に循環流の中心が見られる。このような分岐を伴う流れの研究は過去に数多く行われている。その中で Anyan (1965) は分岐入り口断面において鉛直循環が発生することを示している⁴⁾。また、Ashok (1996) は分岐入り口において底層の流れが強いことを示している⁵⁾。また、分岐チャネルの流れは不様である。このように港口付近では3次元的な現象を含む複雑な流れが生じている。したがって、2次元の計

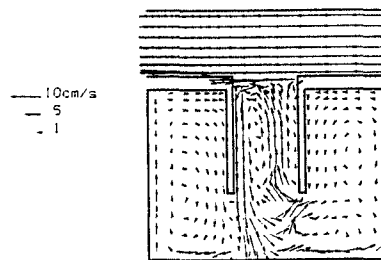


図1 : 上げ潮最強時における深さ平均流
(2次元計算)

modeling, density, tide

〒565 吹田市山田丘 2-1 TEL 06-879-7605 FAX 06-879-7607

〒565 吹田市山田丘 2-1 TEL 06-879-7613 FAX 06-879-7616

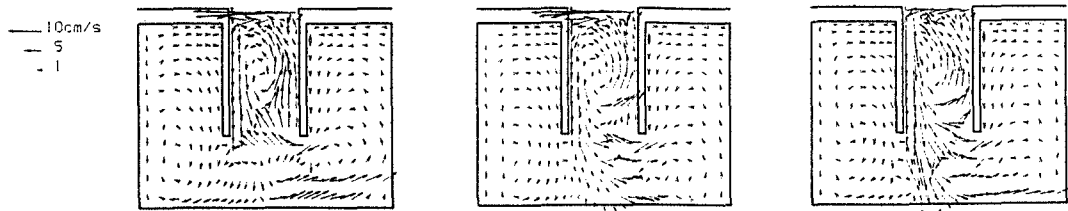


図2：POMによる上げ潮最強時における流れ（3次元計算）左から上層、中層、下層

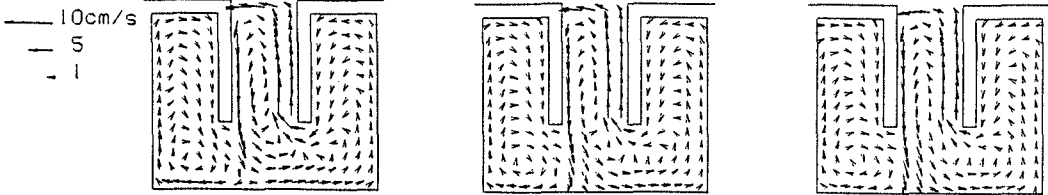


図3：ODEMによる上げ潮最強時における流れ、左から上層、中層、下層

算結果は若干の過小評価となる。図3にODEMの結果を示す。POMのように鉛直的な変化が明瞭に現れず鉛直的にほぼ一様である。

b) 密度差のある場合：図4, 5にPOM、ODEMによる計算結果を示す。時間は上記と同じ、上げ潮最強時であり、水路における密度分布から、港口付近の底層部では下流からの塩水が到達している。したがって、港口では密度の高い塩水が底層から流入し、上層では港口における鉛直循環とそれに伴って港内の密度が水路部に比べて若干高くなり、水路部へと流出する流れが発生している。

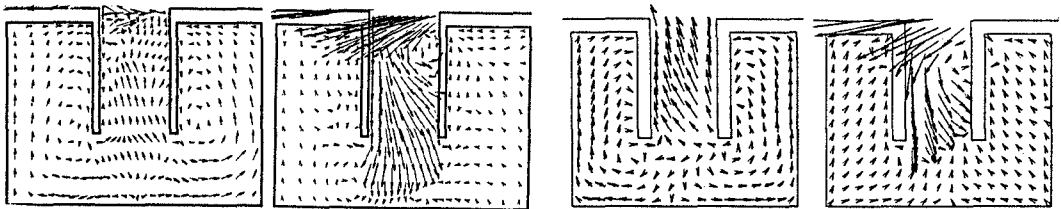


図4：POMによる上げ潮最強時における密度流、 図5：ODEMによる上げ潮最強時における密度流、
左側：表層、右側：底層 左側：表層、右側：底層

5. まとめ

枚数の関係で、水理実験結果等を掲載すること、ならびに、計算条件の詳細を示すことができなかったが、結論的に述べると、計算結果は水理実験の結果を再現できている。密度差のない場合、POMは鉛直方向に流速の変化が見られるが、ODEMはそれほど見られない。これはPOMが格子間隔を小さくとれることによると考えられる。密度差のある場合、両モデルともに密度流の計算は十分に行われている。また、ODEMは安定した計算を行うことができる。計算時間は、POMはODEMに比べて1潮汐あたり約2倍早く、POMの方が計算能率の点で優れている。以上のことから、計算領域や物理現象に応じてモデルを使い分けることにより、数値計算を効率的に行うことができると考えられる。

参考文献

- 1) Falconer, R. A et al. (1994) : EC-LIP1 harbour studies / Tidal flume measurements.
- 2) 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.
- 3) 中辻啓二(1996) : 数値流体力学、第4巻、第4号、p306-332
- 4) Anyan, A. K (1965) : Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, Israel, London, U.K
- 5) Ashok,S.S and K.K.Murthy (1996) : J.Hyd.Res.,34,pp.651-675