

II-74

東京湾潮流解析における種々の計算条件の影響に関する研究

中央大学大学院 学生員 ○森下 正志

中央大学 正会員 樫山 和男

運輸省港湾技術研究所 正会員 日比野 忠史

1. はじめに

東京湾の潮流解析は、現在まで数多く行われてきているが、三次元解析や密度流など様々な条件を考慮した解析はあるものの、それら種々の計算条件の差異が計算結果に及ぼす影響については明確にされていない。

本報告は、東京湾における潮流解析において、種々の計算条件(解析メッシュ、河川流入、風、開境界における潮汐条件)の差異が流れ場に及ぼす影響、特に物質の移流拡散で重要となる残差流への影響について検討したものである。なお、離散化手法としては、複雑形状への適合性に優れている有限要素法を用いている。

2. 解析手法

本研究では、基礎方程式として、非線形非定常の浅水長波方程式(1)、(2)式を用いた。

$$\dot{u}_i + u_j u_{i,j} + g \zeta_{,i} - A_L (u_{i,j} + u_{j,i})_{,j} + B_i - S_i + f_i = 0 \quad (1)$$

$$\dot{\zeta} + \{(h + \zeta) u_i\}_{,i} = 0 \quad (2)$$

ここに、 u_i :流速、 h :水深、 ζ :水位変動量、 A_L :渦動粘性係数、 ρ :海水の密度、 g :重力加速度、 B_i :底面応力項($= \frac{\tau_{ib}}{\rho(h+\zeta)}$)、 S_i :海面応力項($= \frac{\tau_{is}}{\rho(h+\zeta)}$)、 f_i :コリオリ力項である。

空間方向の離散化には Galerkin 法に基づく重み付き残差法を用い、要素は三角形一次要素とした。時間方向の離散化にはランピングパラメータを導入した三段階陽的解法¹⁾を用いている。

3. 数値解析例

東京湾において単層モデルによる潮流解析を行った。検討する計算条件として、(1)解析メッシュ(2)河川流入(3)風(4)開境界における潮汐の4項目を取り上げ、各条件の差異が流れ場に及ぼす影響について検討を行った。図-1に、解析領域及び各観測ポイント³⁾を示す。なお、境界条件としては陸岸境界では全ての検討項目において slip 条件を、開境界では検討項目(1)~(3)では M2 分潮のみを、(4)では M2 分潮のみと主要四分潮を考慮した正弦波を与えた。

3.1. 解析メッシュの影響

ここでは、表-1に示す4種類のメッシュを用いてメッシュ分割の差異が計算結果に及ぼす影響について調べた。meshS から meshL は境界形状を正確にモデリングしたものであるが、meshSS は境界形状を厳密に表現せずに作

成したものである。計算結果として、図-3に st.2,9 の潮流楕円を示す。図より、メッシュ幅が最も細かい meshL が最も観測値に近い値を示していることがわかる。残差流に着目すると meshS では meshM, L で見られる循環流が十分に表現できない結果となった。また、meshSS では meshS, M, L で見られる残差流は得られない結果となった。ここでは、図-5に meshS を用いた場合の富津岬付近の潮汐残差流を、図-6,7に meshM を用いた場合の湾奥部と富津岬付近の潮汐残差流を示す。

表-1 解析メッシュ

	meshSS	meshS	meshM	meshL
節点総数	825	4377	7225	28970
要素総数	1422	6962	12620	54708
最小要素幅(m)	1288.4	206.7	183.3	88.4
最大要素幅(m)	1466.3	2017.5	2017.5	1577.6

3.2. 河川流入の影響

ここでは、河川流入の有無が計算結果に及ぼす影響について調べた。対象河川として、東京湾の主要六河川に着目し、それらの夏季の平均流量が湾内に流れ込んでいると仮定した。図-3に st.2,9 の潮流楕円、図-8に湾奥での残差流を示す。st.9 の潮流楕円では河川流入の有無における大きな差は見られないが、残差流の流況では、図-6と図-8の比較から河口部付近でその差異が顕著に見られる。

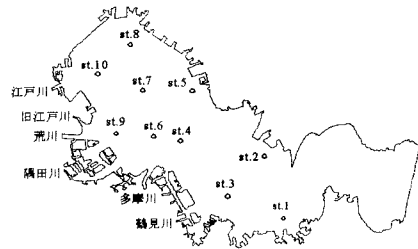


図-1 東京湾解析領域

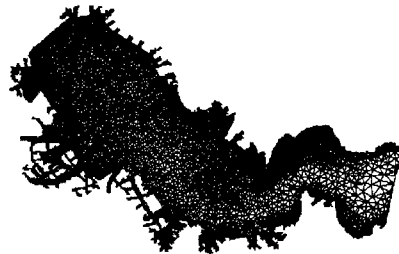


図-2 解析メッシュ(meshM)

Keywords: 東京湾, 潮流解析
〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27
Tel:03-3817-1815, Fax:03-3817-1803

3.3. 風の影響

ここでは、冬季に卓越するとされる北東風を考慮した場合と夏季に卓越するとされる南西風を考慮した場合の2通りの計算を行った。なお、風速は共に6m/sで解析領域全体で一様に吹いているものとし、解析メッシュにはmeshMを用いた。図-10に北東風、図-12に南西風を考慮した場合の湾奥での残差流をそれぞれ示す。図-6の風を考慮しない場合と比較すると湾奥で大きな循環流が生じていることがわかる。また、両図より、北東風と南西風では全く逆方向の循環流が生じており、風は残差流に大きく影響を与えることがわかる。

3.4. 潮汐条件の影響

ここでは、開境界に与える潮汐条件として主要四分潮の中で最も起潮力が大きいM2分潮のみを考慮した場合と、主要四分潮全てを考慮した場合の2通りを考え、潮汐残差流の比較を行った。なお、各分潮は表-2に示すような固有の振幅及び周期をもつ正弦波⁴⁾として与え、また解析メッシュはmeshMを用いた。計算結果として、図-9に小潮期、図-11に大潮期の潮汐残差流をそれぞれ示す。図-7に示すM2分潮のみを考慮した場合の潮汐残差流と比較して、主要四分潮を考慮した場合の残差流において富津岬を境に2つの大きな循環流が生じていることがわかる。この大きな流れ（循環流）が物質移流拡散に大きな影響を及ぼすことが考えられる。²⁾ また、大潮期では60日後までの計算期間においてどの大潮期においても同様な循環流が見られたが、小潮期では特定な残差流は見られなかった。

4. おわりに

本研究では、東京湾を対象に、現象を捉えるための各計算条件が流れ場に及ぼす影響について検討を行った。その結果得られた結論は以下の通りである。

- 1) 解析メッシュは水深形状及び境界形状を正確に表現した上で、捉えようとする残差流（循環流）のスケールを考慮した要素幅を決定する必要がある。
- 2) 河川流入を考慮することで河口部付近にのみ、また風を考慮することでは東京湾ほぼ全域にわたって残差流に影響を及ぼす。よって、現況の再現には、風のデータ及び河川流入データをいかに正確に与えるかが重要である。
- 3) 潮汐条件として主要四分潮を考慮した計算ではM2分潮を考慮した計算と比べて明確かつ大きな残差流（循環流）を生じる。この残差流が物質の移流拡散に大きく影響を及ぼすと考えられ、主要四分潮を考慮することが望ましいと考えられる。

今後は、計算条件の影響についてさらに詳細な検討を行うとともに、密度を考慮した解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 伊藤 英恵, 檜山 和男: 三段階テラーガーキン有限要素法による微細メッシュを用いた東京湾の恒流解析, 土木学会第49回年次学術講演会, 平成6年9月
- 2) 日比野 忠史, 野村 宗広: 東京湾における壱望周期での密度構造の変化と流れ場, 準備中
- 3) 運輸省港湾技術研究所 "昭和58年度 東京湾潮流調査報告書", 1983
- 4) 日本沿岸 潮汐調和定数表, 海上保安庁, 書誌第742号, 平成4年2月

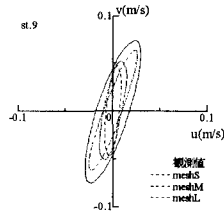


図-3 潮流楕円

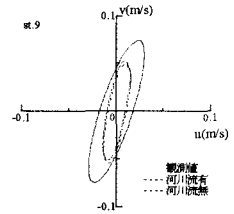


図-4 潮流楕円 (河川流入)

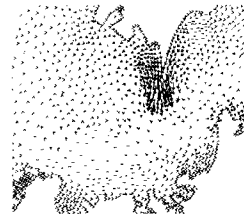


図-5 潮汐残差流 (meshS)

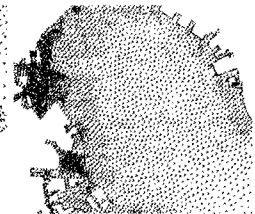


図-6 潮汐残差流 (meshM)



図-7 潮汐残差流 (meshM)



図-8 残差流 (河川流入有)

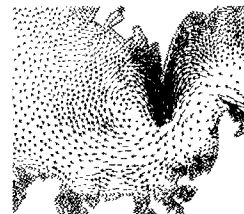


図-9 潮汐残差流 (小潮期)



図-10 残差流 (北東風)

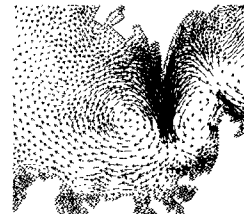


図-11 潮汐残差流 (大潮期)



図-12 残差流 (南西風)