

大阪湾の汚染物質の拡散

玉田 真里奈 (指導教員：河村哲也)

1 はじめに

近年、人口や経済活動は大都市に集中しており、都市への人口流入は増加し続けている。そのため、大都市周辺の河川や海洋は、人間の活動に即影響を受ける場所となっている。その例のひとつとして大阪湾の水質汚染が挙げられる。汚染の主な原因は淀川から湾内への、生活排水などを含んだ汚染物質の流入である。

本研究では、大阪湾において、淀川から流れてきた汚染物質がどのように拡散しているのかを解明することを目的とする。具体的に、潮流による影響、季節の水温の変化による影響が汚染物質の拡散にどのような変化をもたらすのかを数値シミュレーションによって検証する。

2 モデル化

本研究では、緯度 34.25~34.74 度、経度 134.87~135.45 度の範囲に注目した。大阪湾の地形を精密に再現することは大変難しいので、ここでは簡略化した典型的なモデルを考えることにする。潮流と季節による水温の変化に対しては 2 次元で考え、直方体の 3 次元空間領域では湾内の流れを観察する。

3 格子生成

2 次元の格子数は経度方向 (X) に 80、緯度方向 (Y) に 80 とし、3 次元の格子数は、経度方向 (X) に 80、緯度方向 (Y) に 80、水深方向 (Z) に 10 とした。大阪湾は水深が非常に浅いので、水深は一定と仮定し、格子は等間隔を用いた。

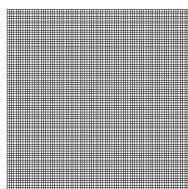


図 1: 2次元の格子

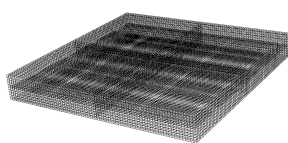


図 2: 3次元の格子

4 計算方法

4.1 基礎方程式

海水の流れは非圧縮性流体とみなせるので、連続の式 (1)、Navier-Stokes 方程式 (2)、熱に関する方程式 (3) を使用する。数値解法としては移流拡散方程式を用いた。

$$\nabla \cdot v = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla) v = -\nabla p + \frac{1}{Re} \nabla^2 v \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (v \cdot \nabla) T = \frac{1}{RePr} \nabla^2 T \quad (3)$$

v: 速度ベクトル、t: 時間、p: 圧力、Re: レイノルズ数、T: 温度、Pr: プラントル数

4.2 陸と海面の境界

陸は複雑な形状をしているため、計算に組み込むのは容易ではない。そこで、陸の形状をあらわす 3 次元配列 MASK (I,J,K) を用意する。陸の部分=0、流体部分=1として、配列 MASK (I,J,K) に入力しておく。計算を進める際、最初は陸がないと仮定して、すべての格子で流れを計算する。そうして得られた速度に、先ほど作った 0, 1 の配列、MASK(I,J,K) を掛け合わせる。その結果、流体部分はそのままの値、速度は 0 になるようにする。

図 3 の大阪湾の地図の囲ってある部分を、計算格子、水深データ、MASK(I,J,K) を使って書き出したものが図 4 である。

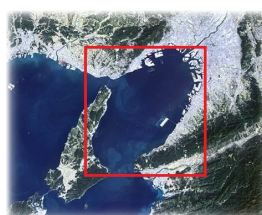


図 3: 大阪湾地図



図 4: 陸と海との判別

5 計算結果

以下の条件で、汚染物質がそれぞれどのように拡散しているかを検証する。

条件を何も与えていない場合

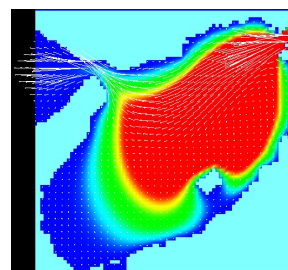


図 5: step 10000

5.1 潮流を考慮した場合

紀淡海峡と明石海峡の流入と流出を与えることにより、潮流を考慮した。また汚染物質は淀川から流入するとした。

・ 満潮時

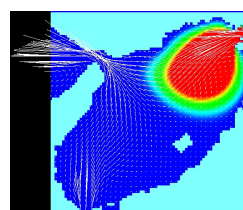


図 6: step 2500

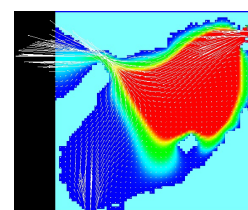


図 7: step 10000

・ 干潮時

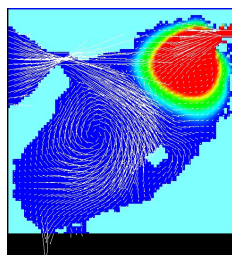


図 8: step 2500

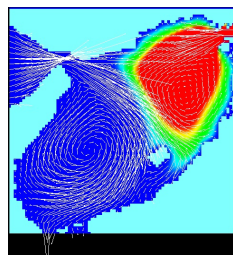


図 9: step 10000

5.2 水温を考慮した場合

夏季の大阪湾内の水温分布は、湾口部で低く湾奥部で高くなっている。冬季はこの逆で、湾内の水温分布は、湾口部で高く湾奥部で低くなっている。

・ 夏季

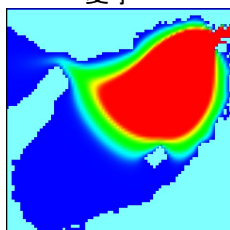


図 10: step 5000

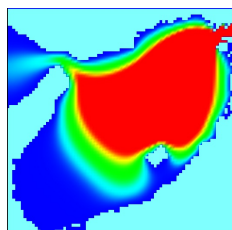


図 11: step 10000

・ 冬季

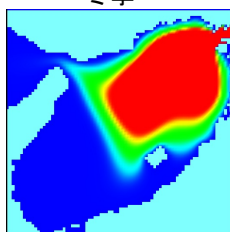


図 12: step 5000

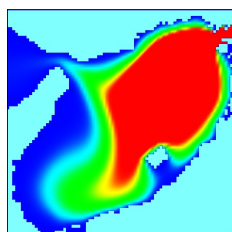
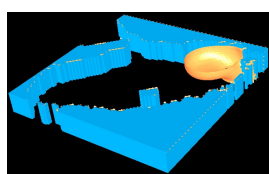
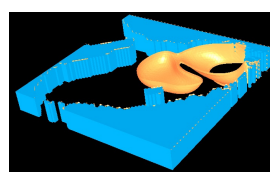


図 13: step 10000

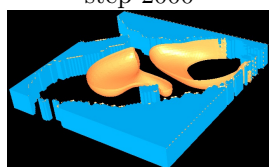
5.3 淀川から湾内への流れを 3 次元的に見た場合



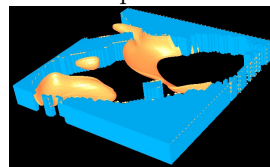
step 2000



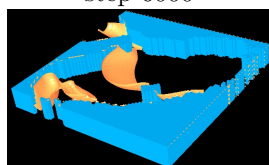
step 4000



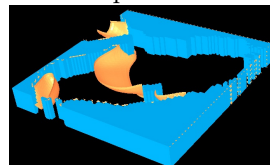
step 6000



step 10000



step 13000



step 14000

6 考察

6.1 潮流

大阪湾は、満潮時は湾の紀淡海峡からの流入と明石海峡への流出があり、干潮時は明石海峡からの流入と紀淡海峡への流出がある。

それぞれの条件を与えて計算させた結果、満潮時 (図 7) は、潮流を考慮しない場合 (図 5) より、汚染物質は少しだけ明石海峡側へ流れると考えられ、干潮時 (図 9) は、明石海峡側からの潮流と北東の淀川からの流れがぶつかり、二つの渦ができ、汚染物質は明石海峡側ではなく、湾の東方向へ拡散すると考えられる。

6.2 温度

5000step と 10000step で比較した場合、夏季は明石海峡側への拡がり強く、冬季は紀淡海峡側 (湾口部) へ広く拡散しているのがわかる。

大阪湾夏季は湾口部の水温が低く湾奥部の方が水温が高くなっており、冬季は湾口部の水温が湾奥部より高くなっていることから、汚染物質は水温の高い方へと拡散すると考えられる。

6.3 淀川から湾内への流れを 3 次元的に見た場合

湾内の海水の温度 (T) を 1 とし、淀川からの温度 (T) を 0 としたとき、3 次元化した大阪湾内で温度 = 0.5 の等値面がどのように変化するかを観察することで、淀川からの湾内への流れ及び、汚染物質の拡散の様子を検証した。step 数が進むごとに、同心円状に広がるのではなく、地形に沿って湾内に拡がっていくのがわかる。step 数 10000 のときには明石海峡側へも拡がり、step 13000 のときには関西国際空港と湾岸の狭い隙間へも拡散しながら、紀淡海峡側にも到達しているのがわかる。

7 まとめ

潮流の変化により拡散の差はあるが、湾東部に汚染物質が拡がっていることが確認できた。季節の水温の変化の検証により、水温の高い方へと汚染物質が拡散しやすいことがわかった。淀川から湾内への流入を 3 次元的に見ることによって、地形に沿って、大阪湾内を汚染物質が拡散の様子を検証できた。

8 今後の課題

大阪湾は水深が非常に浅いことから、本研究では海底の地形を考慮にいれず計算をおこなっているため、実際の地形を細かく再現した場合、汚染物質の拡散にどのような変化をもたらすのかを考えていきたい。

9 参考文献

- [1] 河村哲也『数値シミュレーション入門』、ISBN4-7819-1134-X、サイエンス社、2006
- [2] 水温データ 大阪湾水質定点自動観測データ配信システム HP より