

鳥取大学大学院 正会員 松原雄平
 鳥取大学大学院 正会員 黒岩正光
 鳥取大学大学院 学生会員 ○梅田和成

1. はじめに

近年、タンカー座礁による原油の流出や海洋ごみ等による海洋汚染、エチゼンクラゲや赤潮の大量発生など、海洋においての環境問題が深刻化している。一般的に汚染物質排出や船舶、海洋構造物等が自然環境に及ぼす影響評価は数値モデルを用いて予測されるが、特に日本海全域の流れの予測は九州大学応力研究所が開発した RIAM モデルが利用されており、海上保安庁の海洋予報などにも採用され、再現性の高いモデルとされている。しかし日本海全域に特化したモデルであるため、その格子幅が 9.26 km と大きく日本列島の陸地付近などはかなり粗い流動予測となっている。そのため RIAM モデルで鳥取沿岸域にそのまま適用することは難しく、さらに局所的な部分の流れは RIAM モデルにおいて再現されていない。一方で構造物周りの流れの予測などの狭域での予測は、日本造船学会が開発した MEC モデルが一般的に用いられている。現在、MEC モデルは閉鎖性の内湾には多く適用されているが、水温、流速の実測データのない鳥取沿岸域のような外洋には適用された例がない。そこで本研究では詳細な流れをより正確に予測出来るように、RIAM モデルの結果から得た流速および水温の値を初期条件として MEC モデルに導入する流動モデルの構築を行った。またその結果を RIAM モデルの計算結果と比較することにより MEC モデルの再現性の検討を行った。

2. MEC モデル(静水圧モデル)の概要

海洋における流れは時間スケールが非常に大きく、そのため水平方向のスケールが水深と比較して非常に大きいという性質を利用し、圧力は静水圧しか考慮しないという、静水圧近似が成立する。これを適用した流動モデルを静水圧モデルにさらに、浮力項でのみ密度変化を考えるブシネスク近似を適用すると、海水の運動は以下の支配方程式で表すことができる。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial z} + fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + A_M \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - w \frac{\partial v}{\partial z} - fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + A_M \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (2)$$

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g \quad (\text{静水圧近似}) \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (\text{連続の式}) \quad (4)$$

ここに、 u, v, w はそれぞれ x, y, z 方向の流速、 p は圧力である。また、 ρ は海水密度、 f はコリオリパラメータ、 A_M, K_M は水平および鉛直方向の渦動粘性係数である。また本研究では数値計算法として、流速の時間発展に関してはオイラーの前進差分を、自由表面変位の水平方向流速に関しては後退差分を、自由表面変位に関しては前進差分をとる。

3. 鳥取沿岸域における流動予測

3.1) 開境界条件変更による流動計算

3.1.1) 概要：計算領域は図-1 に示す鳥取沿岸域である．位置は北緯 35 度～38 度，東経 132 度～135 度の範囲であり，最大水深は 3032m である．この領域での流れは太平洋から対馬海峡を通して流入した対馬暖流が領域の西側から東側へ流れるという特徴を有している．計算条件は森川(2010)を参考に表-1 に示す．ここでは鳥取沿岸域の境界の条件の設定を変更し，表-2 に示す 5 ケースの開境界の条件で流動計算を行い，鳥取沿岸域でもっとも有効である境界条件を確認するとともに，モデルの再現性を検討する．境界は図-1 に示す位置を境界 ～境界 と設定した．初期条件として流速，水温の値は RIAM モデルより得た 2008 年の 7 月の平均値を与えた．また計算時間は 30 日とした．

表-1 計算条件

項目		設定値
格子分割	水平・鉛直方向格子数	37 (x) × 37 (y) × 36 (z)
	水平・鉛直方向格子幅	x = y = 9.7297km z = 88.89m
初期条件	水温	RIAMモデルのデータを使用
	塩分	30.0‰
	潮汐	考慮しない
境界条件	水温	RIAMモデルのデータを使用
	塩分	30.0‰
	流速	RIAMモデルのデータを使用
コリオリパラメータ		8.6 × 10 rad/sec (緯度36° 00' N)
渦動粘性係数	水平方向	5.0m ² /sec
	鉛直方向	1.0 × 10 m ² /sec
渦動拡散係数	水平方向	10.0m ² /sec
	鉛直方向	1.0 × 10 m ² /sec
海底摩擦係数		0.0026
差分時間間隔		1.0sec
総計算ステップ		259200step = 30日

表-2 開境界の条件

Case1	開境界の種類	流速
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	水位強制入力	0m/s

Case2	開境界の種類	流速
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	水位強制入力	0m/s
境界	水位強制入力	0m/s

Case3	開境界の種類	流速
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用

Case4	開境界の種類	流速
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	日野の無反射境界	0m/s
境界	日野の無反射境界	0m/s

Case5	開境界の種類	流速
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用
境界	放射境界条件	RIAMモデルのデータを使用

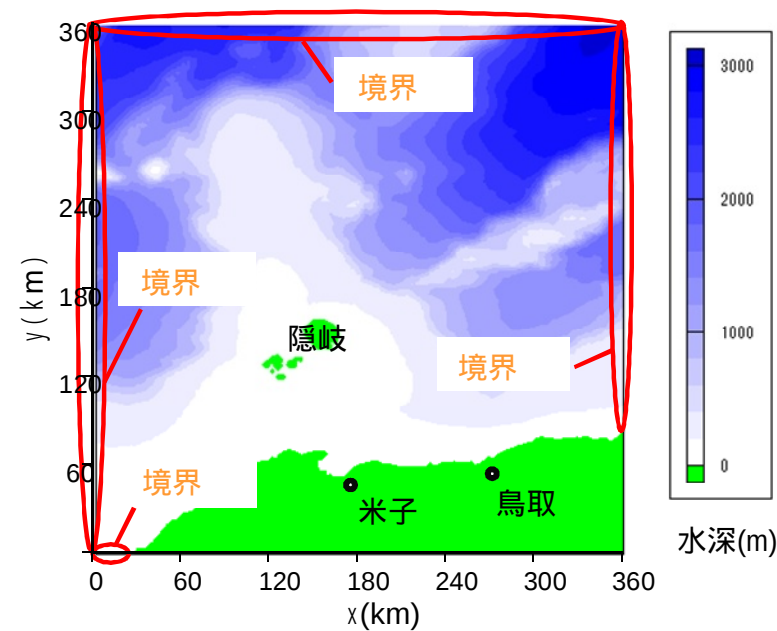


図-1 計算領域

3.1.2) 計算結果と考察：図 2 および図 3 は Case1 と Case3 の計算時間 30 日後の流速図である．図-4 は RIAM モデルによる 2008 年 7 月の月平均の流速図である．ケースごとに RIAM モデルの計算結果と比較すると，Case1 は領域西側より流入し大きく上下に蛇行し東側へ流れており，Case2, Case4，および Case5 についても RIAM モデルの計算結果と大きく異なった流れとなった．Case3 は領域東側にはっきりとした右回りの循環流が現れ，また沿岸付近では西側から流入した流れが隠岐諸島で分かれ，その後再び合流し東側へ流れた．これは RIAM モデルの計算結果と比較すると，非常に似た流れとなっておりよく流れが再現できた．

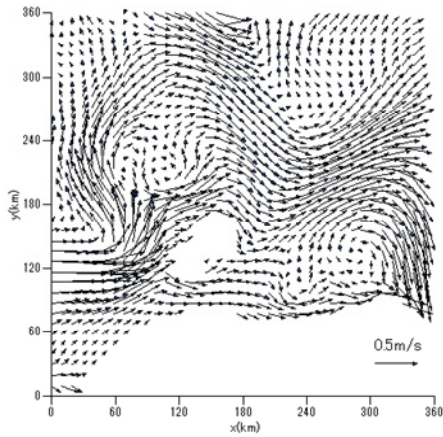


図-2 Case1の流速図

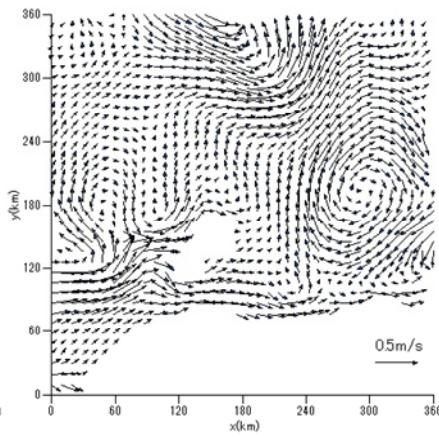


図-3 Case3の流速図

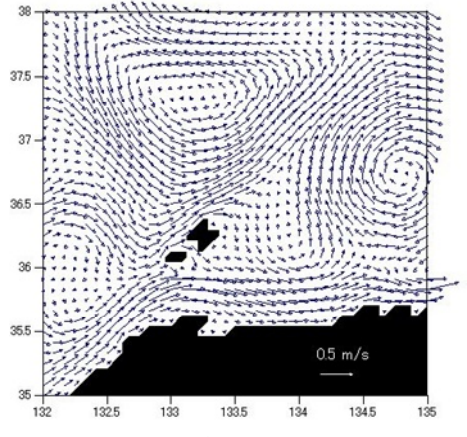


図-4 RIAMモデルによる流速図(7月)

3.2) 季節ごとの流動計算

3.2.1) 概要：ここでは3.1)で適切と考えた Case3 での開境界の条件を用い、2008 年 1 月、4 月、7 月、10 月の季節ごとの RIAM モデルの計算結果を用い 3.1)と同じ計算領域で流動計算を行い、その結果と RIAM モデルの結果と比較することにより、MEC モデルの再現性を検討する．計算条件は 3.1)と同じ表-1 を用いる．ここでは 1 月、4 月、10 月の結果について示す．なお計算時間は 40 日とした．

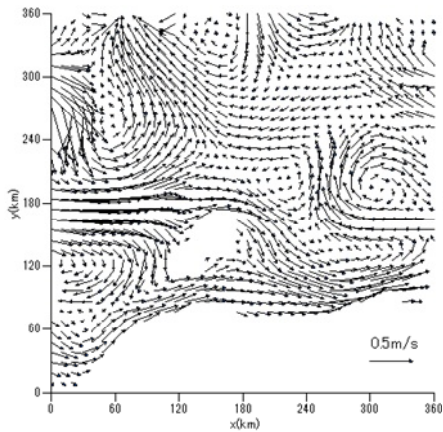


図-5 冬季(1月-30日後)の流速図

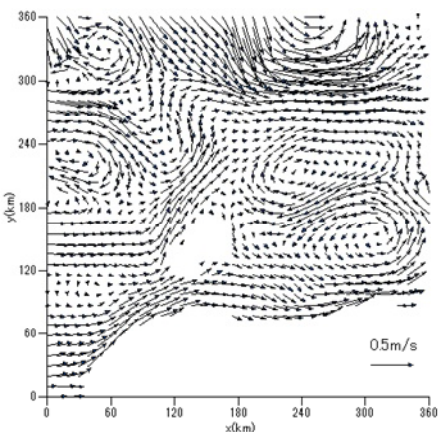


図-6 春季(4月-18日後)の流速図

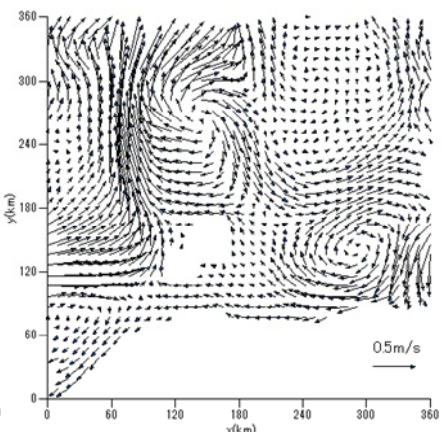


図-7 秋季(10月-31日後)の流速図

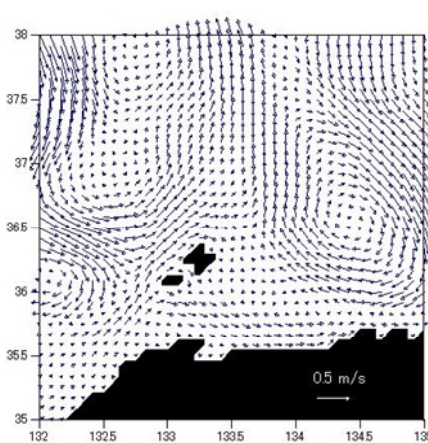


図-8RIAMモデルによる
流速図(1月)

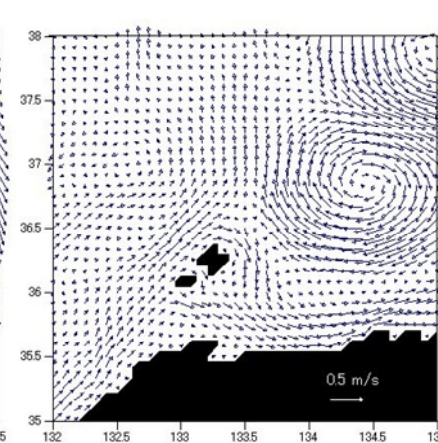


図-9 RIAMモデルによる
流速図(4月)

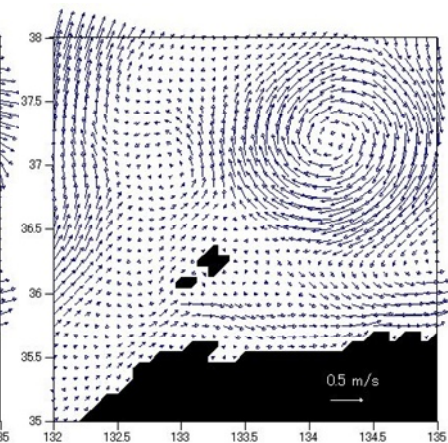


図-10 RIAMモデルによる
流速図(10月)

3.2.2) 計算結果と考察 : 図-5, 図-6, 図-7 は 1 月, 4 月, 10 月の MEC モデルの計算結果の流速図あり, 図-8、図-9、図-10 は冬季, 春季, 秋季の RIAM モデルによる流速図である。MEC モデルと RIAM モデルの結果を比較すると, 冬季では領域の東側に右回りの循環流, 西側の陸地側の右回りの流れ, 南西方向の左回りの流れ, 春季では, 領域の北西付近が再現されていない箇所があるが, 領域東側の循環流, 陸地周辺の流れ, 秋季では西側の北方向への流れが RIAM モデルと似た流れとなった。このことにより, 開境界の条件として入力した水温, 流速が適切に流れに反映しており, MEC モデルにより流れが再現できていると考えられる。しかし RIAM モデルと似た流れが現れていない箇所が多く残っているため, 計算条件, 境界条件等の変更による流動計算が今後必要となってくる。

4. おわりに

本研究では RIAM モデルの計算結果を用いて MEC モデルにより, 鳥取沿岸域の流動計算を行った。開境界条件変更による流動計算においては RIAM モデルに最も似た流れを再現できたときの開境界の条件を確認した。その結果 Case3 の際に与えた開境界条件のときによく流れが再現されていた。次に季節ごとの流動計算においては 3.1)でもっともよいと判断した開境界の条件を用い季節ごとの流動計算を行った結果, すべて RIAM モデルと似た流れがでたわけではないが季節が異なっても, 似た流れが再現できることが確認できた。よって RIAM モデルの計算結果から得た水温, 流速の入力が, 適切に反映していることがわかった。今後の課題としては本研究で得た結果を用いて, さらに陸に近い沿岸付近の小領域の流動解析を行い, 鳥取沿岸域における流動モデルの構築を行っていくことが必要となる。

【参考文献】

- 1) 日本造船学会・海洋環境研究委員会：MEC モデルワ - クショップ (第 1 回) (平成 12 年 11 月 30 日)
- 2) 海洋情報研究センター, (財) 日本水路協会：MIRC-JTOP030 日本近海 30 秒グリッド水深データ
- 3) 森川真圭 (2010) : 鳥取沿岸域における流動予測システムの開発に関する研究 鳥取大学大学院修士論文