

## 対馬東部隣接渦の生成機構について

九州大学工学部 ○学生会員 丸山直子  
九州大学応力研 非会員 広瀬直毅  
九州大学応力研 非会員 尹 宗煥

## 1.はじめに

近年九州大学応用力学研究所によって定期旅客船に設置された ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) により、対馬の下流側 (対馬上島の東約 40km) に定在渦のような構造が観測された (滝川ら, 1999)。また、衛星による海表面の温度測定からもこの渦構造の存在が確認できる。これは対馬海峡を通過した対馬暖流の下流渦と考えられるが、その発生機構や詳細な現象については未解明である。本研究では、対馬周辺の海流をモデル化し、数値実験によりその挙動を明らかにする。

## 2. 層モデル

## 2-1. RG モデル

本研究では数値実験を行うにあたり、1.5 層の浅水波 RG モデル (Reduced Gravity Model) を用いた。本モデルは深さ方向に海洋の密度が大きく変化する密度躍層を境に、海洋をそれぞれ密度の異なる 2 つの層に近似し、さらに無限深の下層流体の流れを無視できるように理想化したものである。こうしたモデルは上層と下層の流れの強さに差がある傾圧流の場合に用いられる。

## 2-2. パラメータ

使用したパラメータを表 1 に示す。対馬周辺の領域は比較的小規模であるため、地球表面の曲率は無視し、領域を平面で近似する局所直行座標系 (local Cartesian coordinate) を用い、コリオリパラメータの値は北緯  $34^\circ$  における値 ( $f=8.1552695 \times 10^{-5}$  rad/s) を採用する。また、流れにコリオリ力が影響する場合としない場合のシュミレーション (回転系と非回転系) を行い、両者の比較を試みる。

表 1 パラメータ

meaning	value
radius of earth	$R = 6.37 \times 10^8$ cm
seawater density	$\rho = 1.025$ g/cm <sup>3</sup>
Coriolis parameter	$f = 8.15527 \times 10^{-5}$ rad/s
horizontal eddy viscosity coefficient	$A_h = 1.00 \times 10^6$ cm <sup>2</sup> /s
reduced gravity	$g' = 2$ cm/s <sup>2</sup>
upper layer thickness at rest	$H = 100$ m
time interval	$\Delta t = 600$ s
grid size	$5.00 \times 5.00$ km <sup>2</sup>

## 2-3. 領域及び環境の設定

計算領域として、x 方向 1000km、y 方向 200km の対馬周辺の対象領域を理想化した矩形領域を設定し、左端に一定の流速を与え領域内に流れ場を作る。領域の上下端は陸地とし、左右端には周期境界条件を与える。ただし、左端での流速を一定に保つために周期境界付近でダンピングを行う。流速は中心に流軸を持ち、観測された対馬暖流の流量 2.6Sv に近い値をとるような流速分布を与える。

モデルの格子番号は原点から右方向に  $I=1, 2, \dots, 202$  上方向に  $J=1, 2, \dots, 41$  とし、 $I=30, 41$ 、 $J=17, 24$  及び  $I=33, 35$ 、 $J=2, 8$  の範囲に単純化した対馬、壱岐の地形をそれぞれ与えた。

渦動粘性係数は  $1.0 \times 10^4$  cm<sup>2</sup>/s から  $1.0 \times 10^7$  cm<sup>2</sup>/s の範囲内の値を試みた。コリオリパラメータは一定値としていて、得られる結果は座標系の x-y 平面のとり方には無関係であるので、座標系は流れの方向により自由にとることができる。そこで本実験では直交座標系の x 軸を、対馬暖流の流れ方向と一致するべく地球の緯度線から反時計回りにおよそ  $33.9$  度傾けた方向にとる。

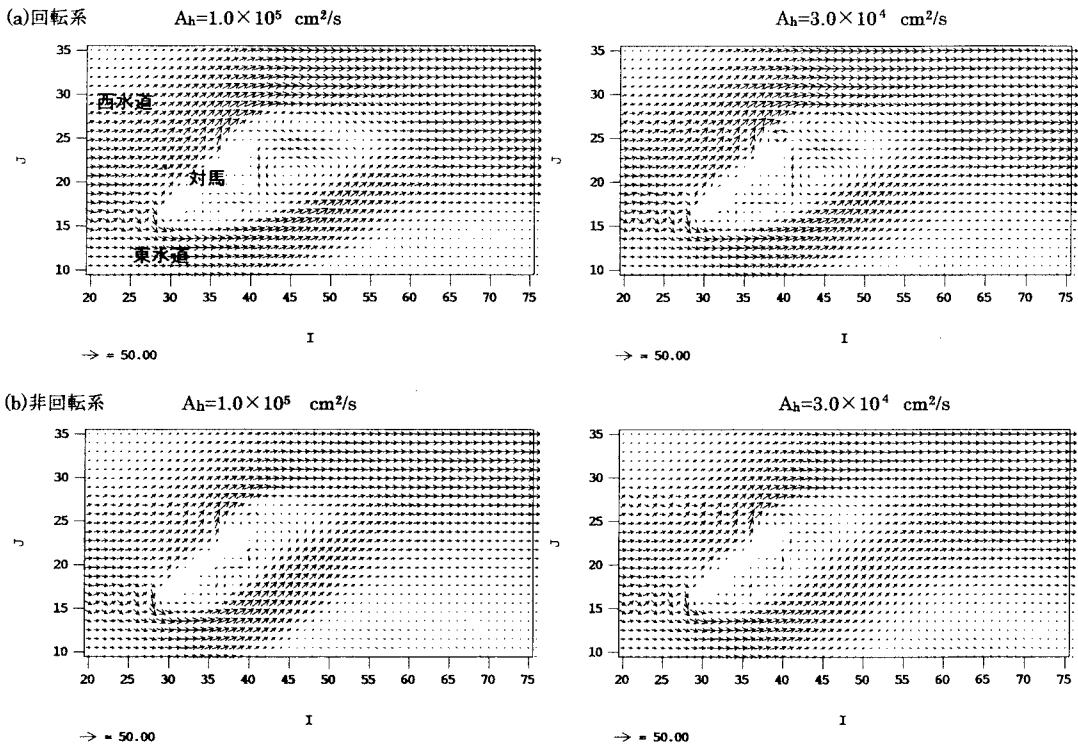
ダンピングは、変位に双曲線正接 (tanh) 型の値を、x 方向の流速  $u$  に地衡流速を、y 方向の流速  $v$  に 0 の値を入れて行った。ただし非回転系の実験においては変位のダンピングは行わない。ダンピング係数は

1/86400(減衰時間 1日)とする。

### 3.結果

渦動粘性係数が  $1.0 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{s}$  より大きい流れは対馬にぶつかり分岐した後も渦を作らず層状のまま東へ流れ、渦動粘性係数を小さくしていくと次第に流れに乱れが生じ、 $1.0 \times 10^5$  では対馬東部に複数の渦構造が生じた。粘性係数が  $3.0 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$  及び  $1.0 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{s}$  の場合の、回転系及び非回転系における 100 日間の平均流速分布を図 1 に示す。この結果から、コリオリカの影響下(回転系)では西水道を通過した流れは対馬下流で時計回りの渦構造(暖水渦)を作り、東水道を通過した流れはこれとほぼ同規模の反時計回りの渦構造(冷水渦)を生じることがわかる。しかし、コリオリカの影響のない場合(非回転系)、東水道の下流でごく小規模な冷水渦は見られるが、西水道の暖水渦や ADCP で観測された西水道通過直後の反流(南西流)は発生しなかった。これにより、対馬東部で観測された渦構造はコリオリカに起因し、暖水渦と冷水渦との境界付近にできる西方向の流れであると考えられる。

図 1 RG モデルによる対馬周辺の流速ベクトル図



### 4.おわりに

対馬東方で観測された反流は、粘性係数が小さい場合にコリオリカの影響を受けて暖冷水渦の境界として定在的存在することがわかった。今後はさらに時間変化、有効重力との関連性などについて実験を進め、検討する。また、図 1 の流速図でもわかるように、上流部で数値計算不安定が見られる。よって数値計算の信頼性を向上させるため、格子の大きさと計算を行う時間間隔をさらに小さくしてより精度の高い実験を行う予定である。