

日本海沿岸域へのエチゼンクラゲの回遊機構把握

建設工学専攻 笹田 俊之

指導教員 犬飼 直之

1. はじめに

近年、魚の乱獲や地球温暖化といった海洋の環境の変化により、クラゲ類の異常な増加が起きている。その中でもエチゼンクラゲは 2002 年をはじめとして大量に発生し、6~7月頃から対馬暖流域において目撃され、日本海域の定置網等の漁業に大きな被害を与えた。大きいものでは傘が2メートル、重さ200キログラムにも及び、巨大な群が漁網に充満するなど、底曳き網や定置網といった、クラゲ漁を目的としない漁業を著しく妨害している。また、エチゼンクラゲの毒により、エチゼンクラゲと一緒に捕らえられた本来の漁獲の目的となる魚介類の商品価値を下げってしまう被害も出ている。その後も大量発生は継続し、2005年には史上最大規模のエチゼンクラゲが発生し、日本だけでなく東アジアの漁業にも深刻なダメージを与えている。既往の研究では、冷泉らが黄海及び東シナ海から対馬海峡近辺までのエチゼンクラゲの輸送に関する数値実験を行っているが、それ以後の海域での挙動の解析を行っているものは少ない。また、物理学的なアプローチを図った研究は多くなく十分な成果が得られているとは言い難い。そこで本研究では、建設工学の観点から数値シミュレーションを行い、エチゼンクラゲの日本海沿岸域への回遊機構を把握することを目的とした。

2. 研究内容

2.1 数値解析手法

数値計算は球面座標系で以下のように示される水の長波流動を記述するナビエ・ストークスの運動方程式および連続式を陽的に中央差分する手法を利用して計算を行う。

連続式：

$$\frac{1}{a \cos \phi} \frac{\partial u}{\partial \lambda} + \frac{1}{a \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (v \cos \phi) + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

運動方程式：

x 方向

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + L(u) - \frac{uv \tan \phi}{a} - fv = \\ - \frac{1}{\rho_w} \frac{1}{a \cos \phi} \frac{\partial P}{\partial \lambda} \\ + A_h \left\{ \nabla^2 u + \frac{(1 - \tan^2 \phi)}{a^2} u - \frac{2 \sin \phi}{a^2 \cos^2 \phi} \frac{\partial v}{\partial \lambda} \right\} \\ + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \end{aligned}$$

y 方向

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + L(v) - \frac{u^2 \tan \phi}{a} + fu = \\ - \frac{1}{\rho_w} \frac{1}{a} \frac{\partial P}{\partial \phi} \\ + A_h \left\{ \nabla^2 v + \frac{(1 - \tan^2 \phi)}{a^2} v - \frac{2 \sin \phi}{a^2 \cos^2 \phi} \frac{\partial u}{\partial \lambda} \right\} \\ + A_v \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \end{aligned}$$

z 方向

$$-\rho_w g - \frac{\partial P}{\partial z} = 0$$

ただし、

u : x 方向速度(m/s), v : y 方向速度(m/s), h :水深(m),

ζ :水位(m), f :コリオリ力, A_h :渦粘度(m²/s)

a :地球の半径(=6.37×10⁶m), C_z :海底摩擦係数

・粒子追跡

粒子追跡には以下に示すルンゲ・クッタ法を用いて計算を行った。

x 方向

$$X^{n+1} = X^n + \Delta X$$

y 方向

$$Y^{n+1} = Y^n + \Delta Y$$

ここで、

$$\Delta X = \frac{\Delta t}{6 \Delta x} (u_{X0} + 2u_{X1} + 2u_{X2} + u_{X3})$$

$$\Delta Y = \frac{\Delta t}{6\Delta y} (v_{y0} + 2v_{y1} + 2v_{y2} + v_{y3})$$

ただし、 u_{xn} 、 v_{yn} はそれぞれ x 方向、y 方向の流速 (m/s)である。

2.2 対象地形

解析に用いる地形データには、NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) が公開している全球を 2 分メッシュでカバーする海洋底地形データ ETOPO2 を 8 分メッシュにスキームをかけ、格子間隔 14,824m、格子数 181×118 の地形データを作成し、使用した。(図 1)また、夏の典型的な天気図より南西の風 6.5m/s を吹かせて解析を行った。

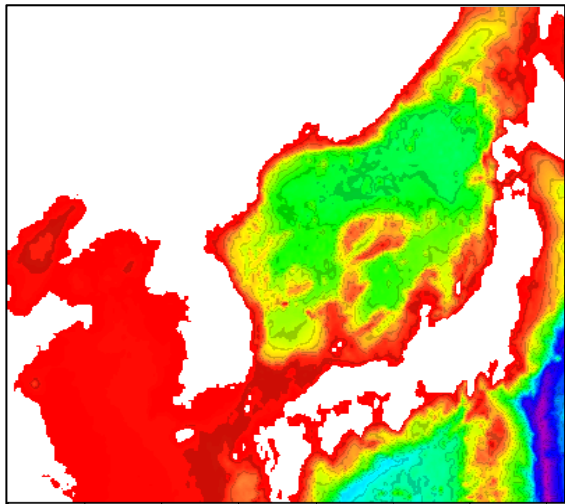


図 1 解析対象領域

3. 結果

図 2(a)及び(b)にエチゼンクラゲの速度が 0 及び 0.2m/s 時の 2 ヶ月間トレーサーを追跡した結果を示す。また図 3 に漁業センターにより観測された 2009 年 9 月 1 日現在のエチゼンクラゲの位置を示した。初期位置には最初に観測情報が得られた場所である対馬周辺にトレーサーを設置して数値解析を行った。観測された情報では 1 番早く進行しているもので新潟県の佐渡島まで到達しており、速度 0.2m/s の数値シミュレーションの結果を見ると概ね一致していることが見て取れる。このため、エチゼンクラゲは自走しているものと考えられる。エチゼンクラゲが表層を漂っていることもあり、日本海での輸送は吹送流及び海流の影響が大きいのではないかと考えられる。そのため、本研究では一様の風を吹かせたが、現地の詳細な風データを入力できれば、より再現性

を高めることができると考えられる。

4. まとめ

エチゼンクラゲの日本海沿岸域への輸送ルートを定性的に再現することができた。対馬海峡以降、すなわち日本海に流入してからは潮汐流の影響が小さく海流及び吹送流の影響が大きいことを確認した。また、数値解析によるエチゼンクラゲの追跡の可能性を示すことができた。

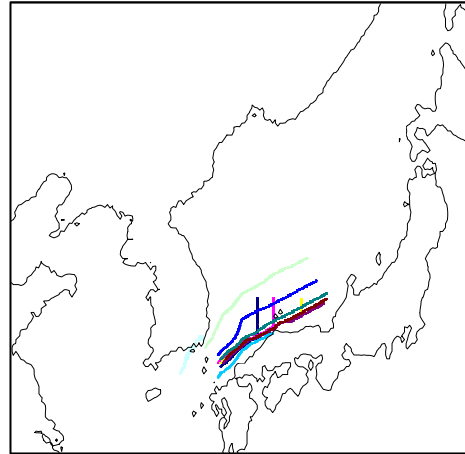


図 2(a) エチゼンクラゲの速度 0m/s

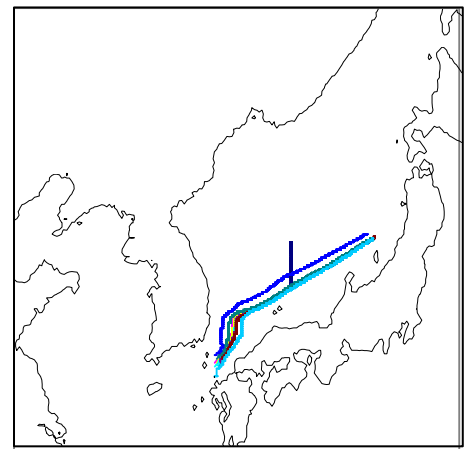


図 2(b) エチゼンクラゲの速度 0.2m/s

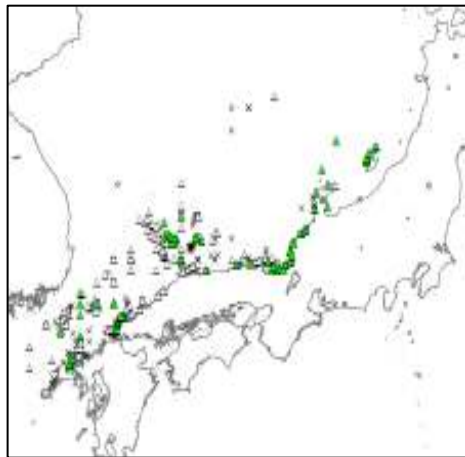


図 3 観測されたクラゲの位置(2009 年 9 月 1 日)