

志津川湾における潮流数値計算

東北大学大学院 学生員○松村勝之
東北大学大学院 正員 田中 仁

1. はじめに

沿岸海域での産業や生活活動が活発化する中、その環境状態を的確に把握し、維持・回復することは重要である。湾内外水の交換は湾水の流動によって生じる。湾水の流れは主として潮流、沿岸流、吹送流と密度流等に分類できるが、この内で支配的なのは潮流である。

本研究では、電磁流速計と ADCP（ドップラー流速計）を用いて宮城県志津川湾内を対象とした観測を行った。また、コリオリ力を考慮した二層の潮流モデルを計算し、実測潮位や流速を比較した。この結果から湾の流動における潮流の影響を考察する。

2. 観測方法及び観測地点

流速の経時変化の観測資料を得るために、自動記録装置付きの電磁流速計（ACM-8M）を湾内に係留した。観測地点は、図-1 に示すとおりで、湾奥（イクス・水深 17m）に設置した。観測期間は 1997 年 8 月 3 日～8 月 27 日までである。設置した流速計の係留状態はイクスに水深 2, 15m である。流速計の測定間隔を 10 分間隔に設定した。潮位データは志津川役場から入手した。

ADCP は、RD-Instrument 社製の 600kHz であり、鉛直分能 1m、測定深度 50m と設定した。観測方法は、測定時に ADCP を舷側に固定し、船を 4～5 ノットの一定速度で航行させることによって測線の流速分布を観測することができる。1997 年 8 月 4 日の測線を図-1 に示す。実測の詳細については文献 1) を参照された。

3. 潮流モデル

3.1 支配方程式

非圧縮性流体の連続と運動の式を解く。

・上層

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{u_1(\zeta + D_1)\} + \frac{\partial}{\partial y} \{v_1(\zeta + D_1)\} = 0$$

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial u_1}{\partial y} - f v_1 + g \frac{\partial \zeta}{\partial x}$$

$$+ A_h \left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} \right) + \gamma_b (u_1 - u_2) \frac{\sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2}}{\zeta + D_1} = 0$$

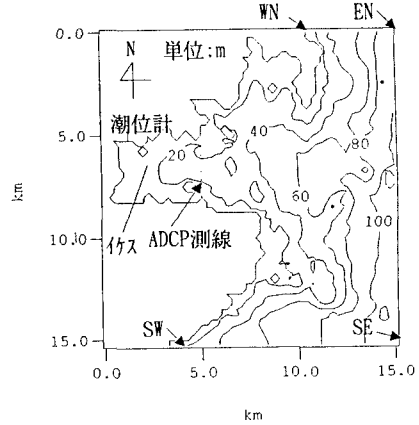


図-1 志津川水深図
(流速、潮位観測地点、ADCP 測線)

$$\frac{\partial v_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial y} + f u_1 + g \frac{\partial \zeta}{\partial y}$$

$$+ A_h \left(\frac{\partial^2 v_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_1}{\partial y^2} \right) + \gamma_b (v_1 - v_2) \frac{\sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2}}{\zeta + D_1} = 0$$

・下層

$$\frac{\partial}{\partial x} (u D_2) + \frac{\partial}{\partial y} (v D_2) = 0$$

$$\frac{\partial u_2}{\partial t} + u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} + v_2 \frac{\partial u_2}{\partial y} - f v_2 + \frac{g u_2 \sqrt{u_2^2 + v_2^2}}{C^2 D_2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x}$$

$$+ A_h \left(\frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_2}{\partial y^2} \right) + \gamma_b (u_1 - u_2) \frac{\sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2}}{D_2} = 0$$

$$\frac{\partial v_2}{\partial t} + u_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial y} + f u_2 + \frac{g v_2 \sqrt{u_2^2 + v_2^2}}{C^2 D_2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y}$$

$$+ A_h \left(\frac{\partial^2 v_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_2}{\partial y^2} \right) + \gamma_b (v_1 - v_2) \frac{\sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2}}{D_2} = 0$$

ただし、

u_1, v_1 : x, y 方向の水深平均流速, ζ : 水位 (基準面からの高さ), D_1 : 層厚, f : コリオリパラメーター, A_h : 水平混合係数, C : Chezy の粗度係数, $C = \frac{h^{1/6}}{n}$.

γ_b : 内部摩擦係数, P : 圧力である。

3.2 計算条件

(1)計算領域：計算領域は南が追波湾白浜 (SW)、北が馬場 (WN)、南北距離 15.5km、西が弁天崎 (EN)、東が水深 100m 前後の水域 (SE)、東西距離 15.25km、総水域面積約 150km² の領域とする。図-1 に水深図を示す。

(2)格子寸法：計算領域内では均一格子間隔を採用し、空間格子間隔は 250m とする。

(3)時間ステップの長さ：計算の安定条件から、時間ステップを 5 秒とする。

(4)計算パラメーターの決定：Manning の粗度係数 $n=0.025$ 、水平混合係数 $A_h = 0.01 \times 250^2 \text{ m}^2/\text{s}$ 、内部摩擦係数 $\gamma_b = 0.0025$ 、そして上層厚： $D_1=5\text{m}$ とする。

(5)初期条件：計算開始時点において計算領域内で一定の初期水位を与え、流速を上下層とも 0 とする。

(6)境界条件：白浜(SW)における 1990 年の潮位データを使用し調和分析を行い、SW、SE、WN と EN において各々の位相差と振幅率を考慮した値を与える。

(7)計算対象期間：ADCP 観測を行った 1997 年 8 月 4 日 13:00~20:00 までを対象とする。

4. 観測結果と計算結果及び考察

計算と観測の結果を図-2, 3 に示す。潮位計と測線の位置は図-1 中に示す。図-2 は潮位である。計算値と観測値の満潮水位や位相について良好な一致を示している。計算値の振動の周期が短いのに対し観測値は長い。これは観測間隔と計算の出力時間間隔の違いによると考えられる。

図-3 は 1997 年 8 月 4 日 16:45 における ADCP の観測結果と計算結果である。図-1 中の測線についてから湾内が 3 層構造になっていることが分かる。中層から湾外水が流入しており、上層と下層から湾水の流出が見られる。しかし、下層からの流出は少ないものと考え、2 層モデルの計算を行った。

観測では北側の流入が卓越しているが、数値計算では再現することが出来なかった。これは空間格子間隔が大きいために局所的な流れについて再現することは出来なかった影響である。しかし、計算結果からも下層から流入して上層から流出するという湾内の流動性の傾向については再現することが出来た。

5. おわりに

湾内の流動における潮流の影響を検討した。

志津川湾内の流動に潮流は、大きな影響を与えていると考えられる。今後、局所的な流れを再現出来るように、空間格子間隔を細かくする。さらに、湾内への外海水の進入について、調べていく必要がある。

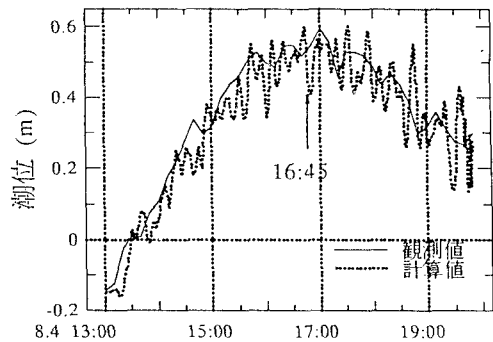


図-2 潮位の観測結果と計算結果

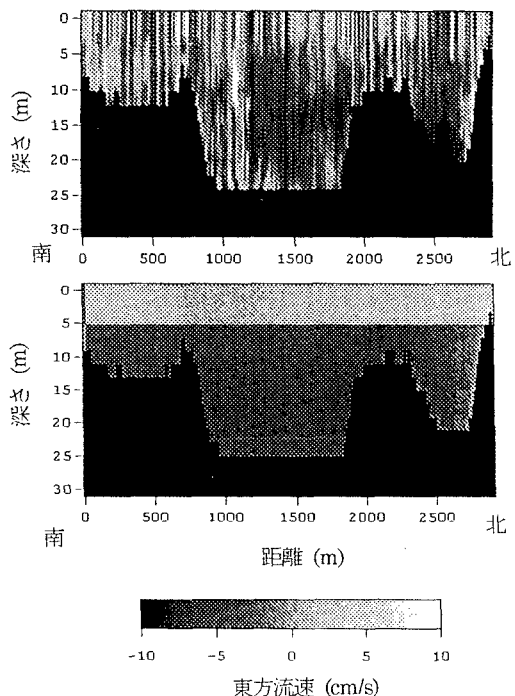


図-3 ADCP 測線における観測結果と計算結果
1997 年 8 月 4 日 16:45 (上：観測、下：計算)

謝辞：本研究の調査を行うに当たり、志津川町及び同海浜高度利用センターの協力を頂いた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 永澤豪他(1998)：ADCP による内湾の流動特性の観測、東北支部技術研究発表会講演概要集