

鳴門ウチノ海における潮流計算

徳島大学大学院 学生員○桑原正人
 徳島大学工学部 正会員 中野 晋
 徳島大学工学部 正会員 三井 宏

1.はじめに 図-1のように、島田島、大毛島、高島に囲まれたウチノ海は鳴門市の観光地であり、近年になって四国と本州とを結ぶ鳴門大橋が完成し、また平成8年度には明石海峡大橋の完成が見込まれているため、さらに多くの観光客が全国から訪れると予想される。そのため、ウチノ海を中心にリゾート開発計画が提案されており、海水交流の少ないウチノ海東部で将来急激な水質汚染が心配される。そこで本研究では、ウチノ海の水質予測を行う上で基礎となる流れの状況を要素自動分割を利用したFEMを用いて検討する。

2.数値計算の概要 水深方向に積分した2次元平面に対する潮流の基礎方程式(1)～(3)を大西ら¹⁾に従い、Galerkin法により有限要素定式化した。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\tau_x^b}{\rho_w(h+\xi)} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{\tau_y^b}{\rho_w(h+\xi)} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial [(h+\xi)u]}{\partial x} + \frac{\partial [(h+\xi)v]}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

ここで、 u, v はそれぞれ x, y 方向の平均流速、 h, ξ は水深、水位、 τ_x^b, τ_y^b は海底摩擦応力であり、それぞれ次式で与えられる。

$$\tau_x^b = \frac{\rho_w g u \sqrt{u^2 + v^2}}{C^2} \quad \tau_y^b = \frac{\rho_w g v \sqrt{u^2 + v^2}}{C^2}$$

ここに、 C はChezyの粗度係数 $\left(= \frac{1}{n} h^{\frac{1}{6}}\right)$ である。

この計算では気圧変化と風の影響、水平拡散項およびコリオリ力はいずれも微小なので無視した。なお時間微分を含む項は、2段階陽的スキームを用いて離散化した。その際、川原²⁾にならい質量行列を対角部へ集中化して式(4)、(5)を用いて高速計算ができ、数値的な減衰を取り除くことができる完全陽的スキームに変形した。

$$[\bar{M}]\{u\}^{n+1/2} = [\tilde{M}]\{u\}^n - \frac{1}{2} \Delta t [S]\{u\}^n \quad (4)$$

$$[\bar{M}]\{u\}^{n+1} = [\tilde{M}]\{u\}^n - \Delta t [S]\{u\}^{n+1/2} \quad (5)$$

ここに、 $[\tilde{M}]$ は整合質量行列 $[M]$ と集中質量行列 $[\bar{M}]$ とを混合した行列で、 $[\tilde{M}] = e[\bar{M}] + (1-e)[M]$ で与えられる。計算に用いた要素分割図(図-2)は谷口³⁾による修正デローニー要素自動分割を利用することによりデータ入力省力化やデータ自身の信頼性



図-1ウチノ海周辺図

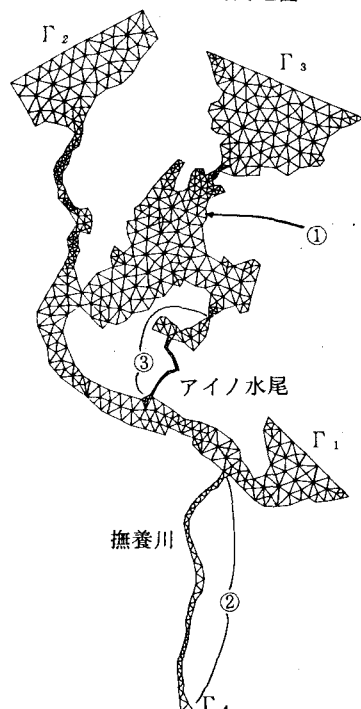


図-2 要素分割図

向上を図っている。計算対象範囲にはケース1 (①の部分), ケース2 (①+撫養川②), ケース3 (①+アイノ水尾川③), ケース4 (①+②+③) の4種類について計算した。このとき, 海境界での水位は Γ_1 には小松島港, Γ_2 には北泊, Γ_3 には亀浦港, Γ_4 には小松島港での推算潮位を与え, タイムステップ Δt は 2秒, 補正係数 e は 0.85, マニング粗度係数 n は 0.02とした。この各ケースの計算結果と撫佐港 (地点A) で 1989年 1月22日に徳島県が実施した潮位観測結果⁴⁾を比較したものを図-3に示す。

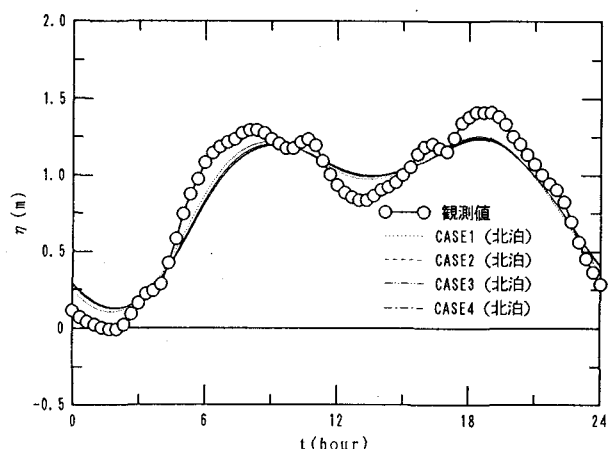


図-3 潮位変化

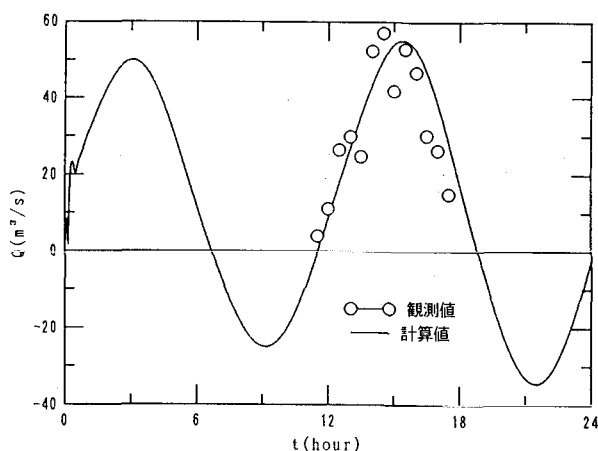


図-4 アイノ水尾の流量変化

図-4 はアイノ水尾川の文化橋 (地点B) で 1992年 10月23日に行った流量観測結果と計算値を比較したものである。両者の波形はほぼ一致しており, この計算でアイノ水尾川を介したウチノ海東部と小鳴門海峡の間の海水交流の状況は表されていると考えられる。

次に図-5は地点Cでの流速変化をケース1とケース3で比較したものである。アイノ水尾川を考慮したケース3のほうが流速変化が大きいことがわかるが, ケース3のときでも最大流速は約 0.5cm/s程度と小さく, この付近の海水交流を図るためにはアイノ水尾川両端の水門の拡大やアイノ水尾川の掘削などを実施して小鳴門海峡-ウチノ海東部の海水交流量を増やす必要があるのではないと思われる。

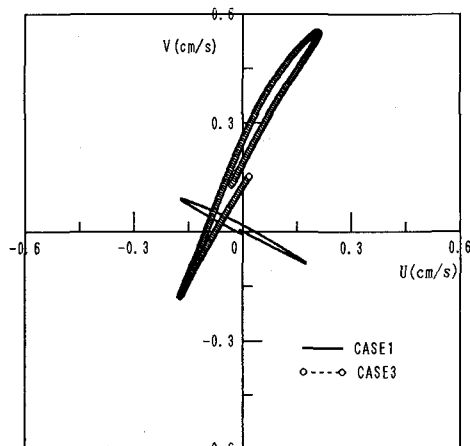


図-5 ウチノ海東部の流速変化

参考文献

- 1) 大西和榮監修: パソコンによる流れ解析, 朝倉書店, 237p., 1986., 2) 川原睦人: 有限要素法流体解析, 日科技連, pp. 556~559, 1985., 3) 谷口健男: FEMのための要素自動分割, 森北出版, 198p., 1992. 4) 徳島県水産課: ウチノ海的环境改善に関する調査報告書, 平成元年 3月.