

今津湾水理模型における潮流解析

九州産業大学 学員 寺本哲治、九州産業大学 正員 加納正道
九州産業大学 正員 赤坂順三、東 和 大学 正員 空閑幸雄

1. まえがき 閉鎖性海域における富栄養化の改善策、及びウォーターフロント開発による干潟の減少や消滅が湾内流や水質汚染におよぼす影響を検討するために、今津湾（博多湾西部水域）の水理模型及び従来の差分法による潮流解析を行った。本報はその結果の一部を示すものである。

2. 模型実験 実験の対象とする湾域の面積が広い場合、水平縮尺と鉛直縮尺を同じ縮尺にできないことが多い。この実験で使用した今津湾水理模型は、水平縮尺1/1000、鉛直縮尺1/100である。潮汐発生装置は基石鼻～白鳥崎間と浜崎～小戸山間に設置した。今津湾の平均の満干の差が1.6mであるので実験では1.6cmとなる。実際の満潮から干潮への変化が6時間15分でほぼCOSINカーブに沿っていることから、実験ではメトロノームを使用し、潮汐装置のハンドルの回転速度を変えることにより、時間縮尺1/100の225秒でCOSINカーブに近づけることにした。尚、この水理模型は[文献1]で使用したものに改良を加えたものである。改良点は、海底面に生じていた段差を滑らかにし、水流の移動が現地により近いものとした。解析方法は、水面に浮かべたフロートの流れをビデオで録画し、モニター上で潮流を解析した。

3. 基礎方程式と差分化 基礎方程式として三次元のレイノルズ方程式を海底から水面まで積分して鉛直方向の平均値として表示し、直交座標系 x-y を用いた浅海流れ方程式(1), (2)および連続の式(3)を採用する。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{M}{h+\zeta} \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{N}{h+\zeta} \frac{\partial M}{\partial y} = -g(h+\zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{\gamma_b^2}{(h+\zeta)^2} M \sqrt{M^2 + N^2} + f \cdot N \quad (1)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{M}{h+\zeta} \frac{\partial N}{\partial x} + \frac{N}{h+\zeta} \frac{\partial N}{\partial y} = -g(h+\zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{\gamma_b^2}{(h+\zeta)^2} N \sqrt{M^2 + N^2} - f \cdot M \quad (2)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (3) \quad \text{ここに、} M = U(h+\zeta), N = V(h+\zeta) \text{ はおのおの } x, y \text{ 方向の線流量、} U, V \text{ はそれぞれ } x, y \text{ 方向の平均流速、} \zeta \text{ は水面の平均水面からの高さ、} h \text{ は水深、} g \text{ は重力の加速度、} f \text{ はコリオリの係数、} \gamma_b \text{ は水底における摩擦係数である。}$$

また、基礎方程式の差分式は直角座標系を用いて、 $M > 0, N > 0$ の場合について基礎式(1), (3)の差分化を行うと式(4), (5)が求められる[文献1]。式(2)の差分式は式(4)において x, y を読みかえれば同様である[文献2]。

$$M_{i,j}^{k+2} = \frac{1}{1 + \frac{\gamma_b^2 \Delta t}{(h_{i,j} + \zeta_{i,j}^{k+1})^2} \sqrt{(M_{i,j}^k)^2 + (N_{i,j}^k)^2}} \left[M_{i,j}^k - \frac{g(h_{i,j} + \zeta_{i,j}^{k+1}) \Delta t}{\Delta s} (\zeta_{i+1,j}^{k+1} - \zeta_{i-1,j}^{k+1}) - \frac{\gamma_b^2 M_{i,j}^k \Delta t}{(h_{i,j} + \zeta_{i,j}^{k+1})^2} \sqrt{(M_{i,j}^k)^2 + (N_{i,j}^k)^2} - \frac{2 \Delta t}{(h_{i,j} + \zeta_{i,j}^{k+1})} \left(\frac{M_{i,j}^k (M_{i,j}^k - M_{i-1,j}^k) + N_{i,j}^k (M_{i,j}^k - M_{i,j-1}^k)}{\Delta s} \right) + 2 \Delta t \cdot f \cdot N_{i,j}^{k+1} \right] \quad (4)$$

$$\zeta_{i,j}^{k+3} = \zeta_{i,j}^{k+1} - \frac{\Delta t}{\Delta s} (M_{i+1,j}^{k+2} - M_{i-1,j}^{k+2} + N_{i,j+1}^{k+2} - N_{i,j-1}^{k+2}) \quad (5)$$

4. 実験結果および解析結果の検討 模型実験は、潮汐発生装置により満潮干潮を繰り返し、流れ

が安定した7周期目の潮流を観測した。数値計算は、碁石鼻～白鳥崎間と浜崎～小戸山間にCOSINカーブで算出した潮位を境界条件として与え満潮干潮の計算を繰り返すと、5周期目で安定したが、実験同様7周期目の潮流値を採用した。図1、2において改良前後の水理模型による潮流楕円図を比較すれば、各点の流速には大きな差はみられないが流向にやや相違が生じている。また本報には掲げていない各時刻の潮流図により改良前後を比較すれば、全般的に、改良後において潮汐がスムーズに流れており、模型の底面に生じていた段差を滑らかにした効果は得られている。次に、図3で模型実験と計算結果の潮流を比較する。

碁石鼻～白鳥崎では北向きか北西向きに流れ、浜崎～小戸山でも湾外に出る流れを示し、これらの流速もほぼ等しく、また、湾中央部でも北西向きの流れを示し、同様の流速となり実験と計算結果はほぼ一致するとみなせる。しかし、複雑な海岸線の付近の流れはかなり異なった流れを示している。また、境界条件の与え方及びスムージング間隔に検討を加えた結果、前報[文献1]の場合よりも数値解析値が実測値により近いものになった。以上の結果、この差分法による計算手法は海岸より離れた場所の潮流解析では十分実用できるが、境界の解析には改良が必要と思われる。

5. あとがき 本報では従来の差分法により一応の結果が得られたが、境界面の解析をより精度の高いものにするため、衝撃波の解析で精度良い解が得られた非正方格子をもつ重み付差分法による解析も検討中である。

参考文献

- 1) 沖田、加納、赤坂、空閑：今津湾水理模型実験における潮流解析、平成2年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集
- 2) 加納、赤坂：周防灘西部海域における潮流の季節変化数値解析、九州産業大学工学部研究報告第19号、1982年

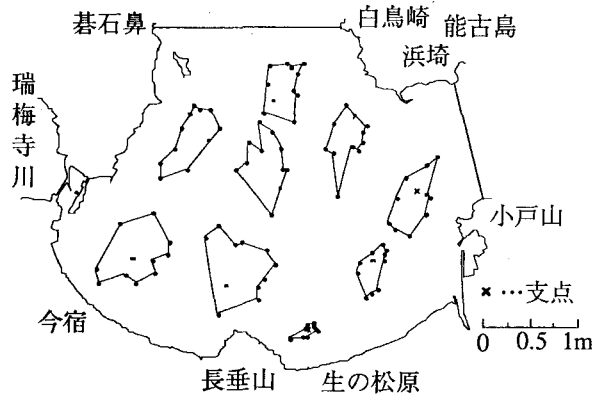


図1 水理模型改良前の潮流楕円図

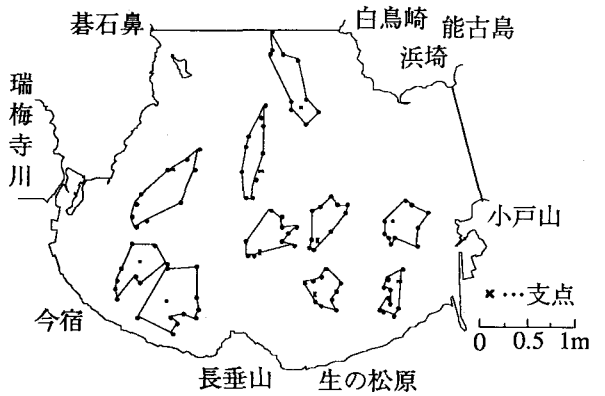


図2 水理模型改良後の潮流楕円図

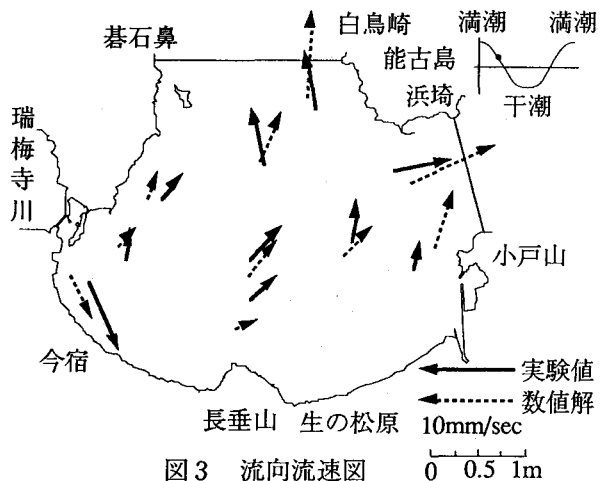


図3 流向流速図