

九州大学工学部 正会員 井島 武士
 " " 奥薗 英明
 " 学生員 川島 寛

1. 緒言

この報告は、博多湾の潮位及び潮流に関する推測のための数値計算を行ったもので、計算時間を短縮するために、博多湾を4つの領域に分け、格子間隔として1000mと250mをえらんだ。博多湾における現況の潮位・潮流を与える基本モデルは、博多湾内での種々の条件の変化に伴う潮位・潮流の変化を推算するための出発点になると思われる。

2. シミュレーター・モデル

a. 領域分割

博多湾全域をfig-1のように第1から第4までの領域に分割した。第1、第2領域は、 ΔS (格子の大きさ) = 250mとし、第3、第4及び第5領域は、 $\Delta S = 1000$ mとした。第5領域はI方向が12個、J方向が24個の格子より成り、第6領域は第5領域のI方向に接続され、 $\Delta S = 2400$ mである。各領域の位置関係及び格子数は、fig-2のとおりである。

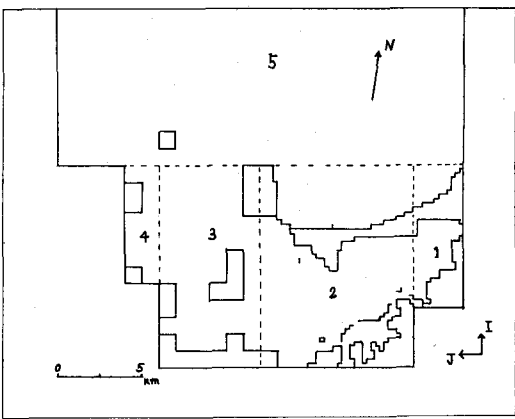


fig-1 領域図

博多湾 (第1~第4)	第5	第6
----------------	----	----

fig-2
各領域の位置関係及び格子数

格子数 (I方向) × (J方向)
(第1領域) --- 34 × 12
(第2領域) --- 48 × 36
(第3領域) --- 12 × 6
(第4領域) --- 7 × 2
(第5領域) --- 12 × 24
(第6領域) --- 88 × 1

b. 水深

博多湾の概略の水深分布はfig-3に示す通りである。第1から第4領域においては、水深分布をデータとして、入力したが、第1から第4領域の水深が25mを越える点及び第5領域の水深は全て25mの一定水深とした。水深は平均潮位時のものを使用した。

3. 計算方法

a. 基礎方程式と差分方程式

潮位を Z 、 I 方向の流速を U 、 J 方向の流速を V 。また水深を I 方向と J 方向に分けて、海図により読みとりそれぞれ、 U_H 、 V_H とおく。潮位・流速の計算点、水深の与え方はfig-4、fig-5に示す通りである。

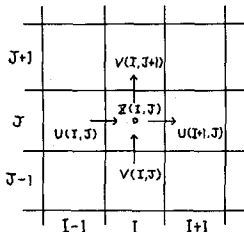


fig-4 潮位・流速の計算点

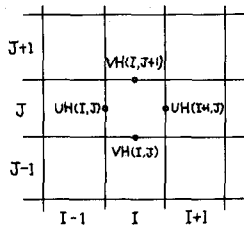


fig-5 水深の与え方

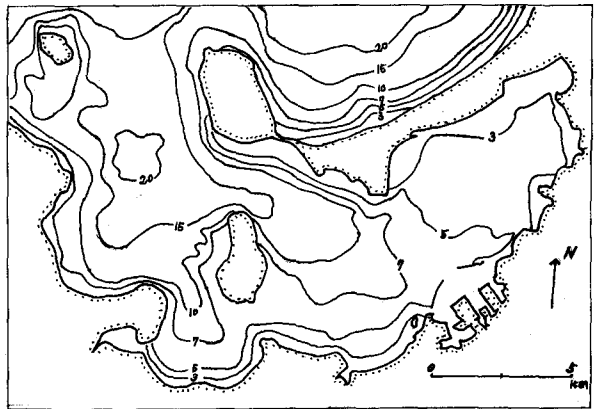


fig-3 水深分布

運動方程式及び連続方程式は次の通りである。

$$\frac{\partial U}{\partial t} = -g \frac{\partial Z}{\partial x}$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} = -g \frac{\partial Z}{\partial y}$$

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (H \cdot U) - \frac{\partial}{\partial y} (H \cdot V)$$

以上の基礎方程式を差分方程式におし数値計算を行う。fig-4、fig-5における潮位・流速の計算点及び水深の与え方を考慮すれば、差分方程式は次の通りである。

$$Z(I, J)^{t+\frac{\Delta t}{2}} = Z(I, J)^t - \frac{\Delta t}{\Delta S} \left\{ U_H(I+1, J) \cdot U(I+1, J)^t - U_H(I, J) \cdot U(I, J)^t + V_H(I, J+1) \cdot V(I, J+1)^t - V_H(I, J) \cdot V(I, J)^t \right\}$$

$$U(I, J)^{t+\Delta t} = U(I, J)^t - g \frac{\Delta t}{\Delta S} \left\{ Z(I, J)^{t+\frac{\Delta t}{2}} - Z(I-1, J)^{t+\frac{\Delta t}{2}} \right\}$$

$$V(I, J)^{t+\Delta t} = V(I, J)^t - g \frac{\Delta t}{\Delta S} \left\{ Z(I, J)^{t+\frac{\Delta t}{2}} - Z(I, J-1)^{t+\frac{\Delta t}{2}} \right\}$$

b. 領域の接続方法

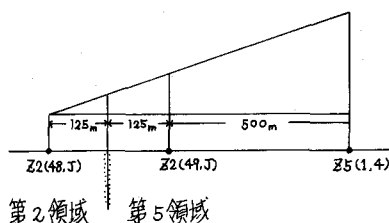
(1) 格子間隔が等しい場合

接続しようとする領域の格子数を I 、 J 方向に1個ずつ減らして、隣接する領域の格子と重ね合わせる。重

なった部分の格子における潮位・流速を等しくおけばよい。

の格子間隔が異なる場合

潮位の接続は(1)と同様に、I、J方向に1個ずつ格子をいやして、その接続部分をいよめた式を用いて接続する。fig-6は第2領域と第5領域の一部分におけるものである。



※ Z2は第2領域の潮位をあらかず。

Z5は第5領域の潮位をあらかず。

従って、U4は第4領域のI方向の流速をあらかず。

$$Z2(49,J) = Z2(48,J) + A \cdot (Z5(1,4) - Z2(48,J))$$

$$A = \frac{250}{125 + 500} = 0.4$$

fig-6 潮位の接続方法

流速の接続は(1)と同様に、I、J方向に1個ずつ格子をいやしたのち、重なった部分で平均化操作を行う。即ち、250m格子の領域と1000m格子の領域との接続では、250m格子の領域の格子をいやして、接続部分の相並んだ4個の流速を加えて4で割り、その値を4個の格子に対応する1000m格子の流速とする。

c. 計算の安定条件

一般に、X、Y方向の格子間隔を Δx 、 Δy としたとき、時間間隔 Δt との間に次の条件が成り立たねばならない。

$$\left(\frac{\Delta t}{\Delta x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{\Delta y}\right)^2 \leq \frac{1}{g h_{\max}}$$

$$\Delta x = \Delta y = \Delta s = 250 \text{ m}, \quad h_{\max} = 2.5 \text{ m}$$

$$\Delta t \leq \frac{\Delta s}{\sqrt{2g h_{\max}}} \quad \Delta t = 1.0 \text{ sec}$$

d. 初期条件と境界条件

(1) 初期条件

最初は博多湾全域が静止していると考え、流速(U, V)、潮位(Z)を第1から第5領域において0とおく。このときに第6領域で与えられる正弦波形の波は第5領域へ達した状態にあり、 $t = 0$ とおく。第6領域の初期条件は $t = 0$ における流速及び潮位を初期条件として与える。

(2) 境界条件

湾内、湾外の水際線に垂直方向の流速は0とおく。第6領域の終点(fig-2の右端)における条件は次の通りである。

$$L(\text{波長}) = 699665.67 \text{ m}, \quad H = 2.5 \text{ m}$$

$$U6(89) = -A \cdot \sqrt{gH} \sin\left(2\pi(87.5 \frac{\Delta s}{L} + (IT - 0.5) \frac{\Delta t}{T})\right); \quad T(\text{周期}) = 44700 \text{ sec} = 12 \text{ hr. } 25 \text{ min}$$

$$IT(\text{計算回数}), \quad A = 0.4$$

e. 出力計算

I方向の流速 U 、J方向の流速 V をそのまま出力させたのでは、実測図との比較が困難であるので、 U 、 V それぞれを成分とするようなベクトルを出力させねばならない。即ち、絶対値を UV 、方向(度)を Y° として出力させた。

4. 現況に対する計算結果と実測との比較

fig-7, fig-8, fig-9は現況に対する計算結果と実測値との比較である。実線は実測値、破線及びカッコ内の数値は計算値である。数値の単位は cm/sec である。比較した場合、方向性の点ではよく一致している。流速の大きさの点では、場所によっては少々異なる点もみられるが、かなりよく一致している。また、潮流の比較については、潮流の場合以上に、うまく合致している。

5. 今後の方針

以上、現況に対する基本モデルというべきものについて検討した。近年、博多港の重要性は種々の要素をもちつつ、増大して来ている。従って、新しい浚渫及びシーバース、埠頭などをいくつも港湾施設の建設は当然予想される所である。これに対応して、基本モデルを発展させることにより、潮位・潮流の推算は可能である。

参考文献

- (1) 伊藤喜行・土城洋介・森平倫生
「長周期波に対する防波堤の効果に関する計算」、港湾技術研究所報告、第3巻 昭和39年
- (2) 伊藤喜行・谷本勝利・木原 力
「同上」、港湾技術研究所報告、第7巻、昭和43年

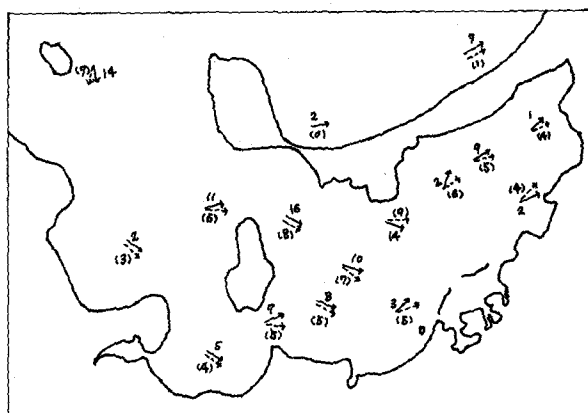


fig-7 満潮1時間前の潮流

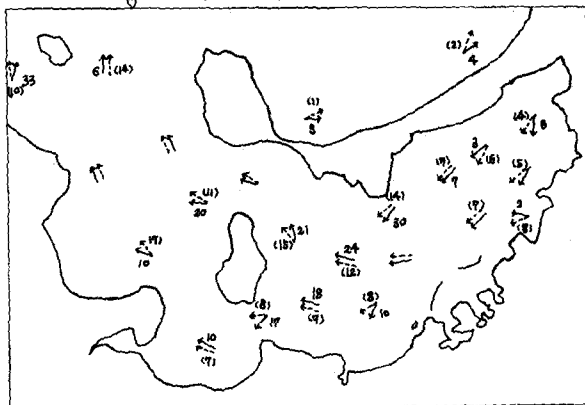


fig-8 満潮3時間後の潮流

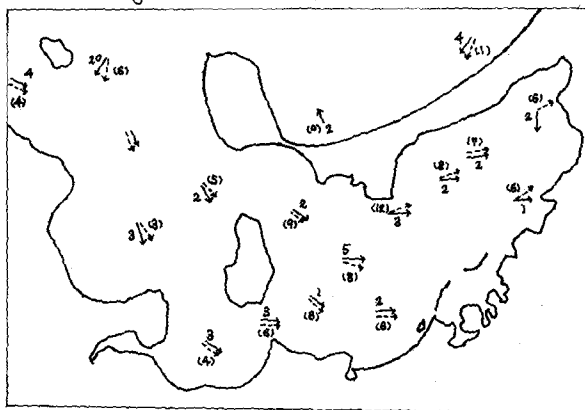


fig-9 干潮1時間後の潮流