

有明海の渦動粘性係数・渦動拡散係数の評価

九州大学工学部 学生員○松永 康司
 九州大学大学院 学生員 矢野 真一郎
 九州大学工学部 正員 小松 利光
 佐賀大学理工学部 正員 大串 浩一郎

1. はじめに

内湾において、渦動粘性係数及び渦動拡散係数は場所毎の代表流速と代表長さの積に比例すると考えられる。そこで、その比例定数が求められれば渦動粘性係数や渦動拡散係数は容易に評価されることになる。2次元の潮流計算、並びに水質シミュレーションにおいては、代表流速として各点での潮流の最大流速 V_{max} 、代表長さとして水深 h を用いることが考えられる。ここで、比例定数を α とすると渦動粘性係数は次式で示される。

$$\nu_t = \alpha \cdot V_{max} \cdot h$$

この考えに基づき、矢野¹⁾らは博多湾を対象とする数値計算を行い、比例定数 $\alpha=40$ を得ている。そこで有明海をモデルとして、矢野らが求めた比例定数の妥当性、普遍性を検証することを試みるものである。

2. 解析概要

(1) 基礎式

この研究で用いた基礎式は次の通りである。

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - fV &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{1}{(h+\zeta)} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[\nu_t \frac{\partial (h+\zeta) U}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\nu_t \frac{\partial (h+\zeta) U}{\partial y} \right] \right\} - \frac{\gamma^2}{h+\zeta} U \sqrt{U^2 + V^2} \\ \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + fU &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{1}{(h+\zeta)} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[\nu_t \frac{\partial (h+\zeta) V}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\nu_t \frac{\partial (h+\zeta) V}{\partial y} \right] \right\} - \frac{\gamma^2}{h+\zeta} V \sqrt{U^2 + V^2} \\ \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{ (h+\zeta) U \} + \frac{\partial}{\partial y} \{ (h+\zeta) V \} &= R \end{aligned}$$

ここで、 U 、 V は X 、 Y 方向流速の水深方向の平均値、 ζ は平均水深からの変位、 h は平均水深、 f はコリオリ係数、 g は重力加速度、 ν_t は水平方向の渦動粘性係数、 γ^2 は海底摩擦係数、 R は河川水流入点における単位面積当りの淡水流入量である。計算においては流速 U 、 V を水深方向に積分し、流量 M 、 N に変換して、差分法²⁾を用いて計算を行った。

(2) 有明海における潮流計算

有明海は潮位差が激しい内湾であり、そのため、特に湾奥部においては広大な干潟が発生する。そこで、今回の研究においては、煩雑さを避けるため干潟が発生する領域を陸地とみなし計算を行った。

計算条件としては、図-1の計算領域に示すように、 $\Delta x = \Delta y = 1000\text{m}$ のメッシュを作り、外界との境界点を口之津港付近に設定し、境界潮汐条件を振幅 $H=1.755\text{m}$ 、周期 $T=12\text{時間}25\text{分}$ 、 $\Delta t=10.0\text{sec}$ 、 $\gamma^2=0.0016$ 、 $f=0.79 \times 10^{-4}$ とした。各点の水深は海図から読み取り、河川流入量は一級河川については年間平均値を与え、二級河川については流域面積から推定した。

計算方法については、 $\alpha=40$ について図-2のフローチャートに示すような方法で収束計算を行った。

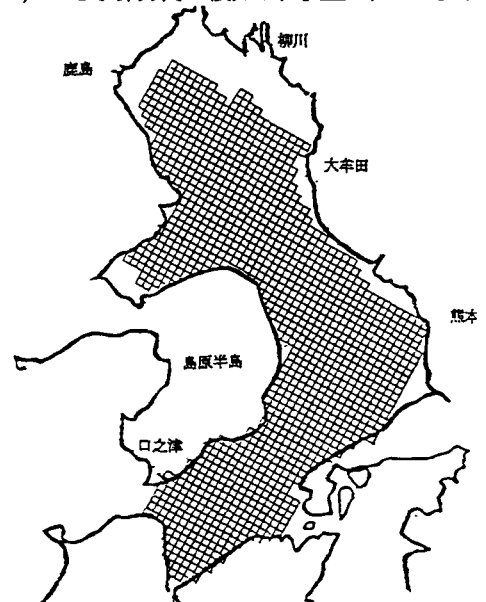


図1 有明海の計算領域

3. 計算結果と考察

有明海において、比例定数 $\alpha=40$ により求めた渦動粘性係数により潮流計算を行った結果、比較の実測値に合致する値が得られた。図-3には実測値及び $\alpha=40$ における流況図を示す。これにより、比例定数 $\alpha=40$ にはある程度普遍性があるものと考えられる。

しかし、潮流計算において得られた流速の結果は比例定数の変化に対して反応は鈍いので、比例定数を更に厳密に評価する場合は拡散の計算を行う必要がある。そこで、 $\alpha=40$ による潮流計算で得られた渦動粘性係数を用いて、近似的に渦動拡散係数 $K=\nu_t$ として拡散の計算を行う。その際、渦動拡散係数を種々変化させて計算を行い、最も実測値に近い計算結果を求め、それに相当する比例定数 α で再び潮流計算並びに拡散の計算を行う。こうして trial より比例定数 α の最適値を求める。

今回は、潮流計算のみ行ったが、今後上述の方法により、高い精度の比例定数を求めたい。また、このような方法を他の湾に適用することにより、比例定数の普遍性についてさらに検討していく予定である。また拡散についての結果は発表当日報告する予定である。

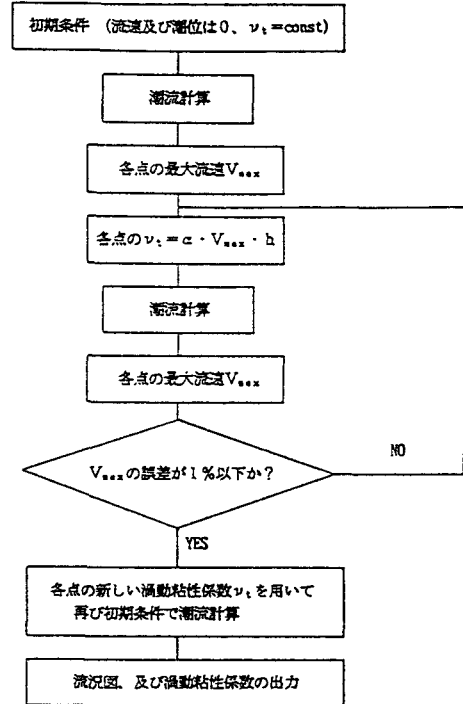


図-2 収束計算のフローチャート

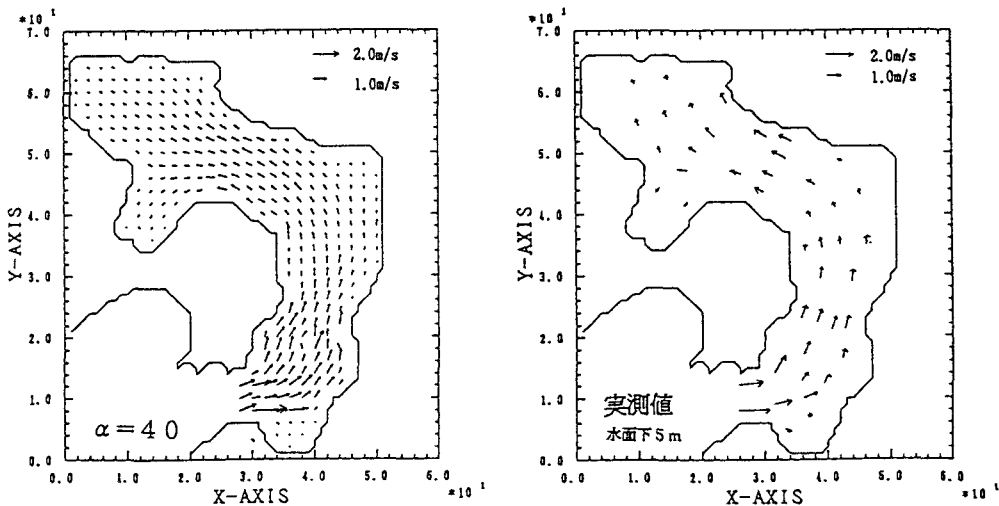


図-3 有明海における流況図 (最大上げ潮時)

4. 参考文献

- 1) 矢野 真一郎、小松 利光、相良 誠：博多湾の渦動粘性・渦動拡散の評価法、平成2年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集
- 2) 伊藤 剛編 数値計算の応用と基礎 アテネ出版 PP. 1-27