

数値シミュレーションによる円山川の河道改修に関する基礎的考察

岐阜大学工学部 正会員 藤田 裕一郎
 岐阜大学大学院 正会員 呂 福祿
 岐阜大学工学部 ○ 岡田 猛

1. はじめに

一級河川円山川は、河口から 5.4km~6.8km 区間に存在する、ひその島と呼ばれている大きな河道砂州によって、洪水流の疎通が妨げられている。この島の掘削は、古くから河道改修上の課題となっており、近年では更に自然環境重視の動向と合致させるように、この掘削と高水敷盛土を伴う河道法線の改修を進めることが重要となってきた。このように、ひその島の掘削方法は、横断面変化の影響としての、水衝部変化の予測といった、単に洪水疎通だけでなく、水生生物の生息環境への評価のような、複雑な問題となっており、この予測のためには少なくとも、平面的な水理量をかなり詳細に表現できる二次元の流れのモデルが必要となる。

そこで、本文では、現況と河道掘削の 2, 3 の案について、洪水時の平面二次元の流況を把握して合理的な掘削のあり方について考察する基礎として、現在検討を進めている一般座標系で表現される非定常二次元浅水流モデルの円山川の洪水流への適応について報告する。

2. 解析の基礎方程式

一般座標系について変換した非定常二次元浅水流方程式の下式を、二次元精度を持つ MacCormack 式で差分スキームに変換した。

$$\frac{\partial(h/J)}{\partial T} + \frac{\partial(Uh/J)}{\partial \xi} + \frac{\partial(Vh/J)}{\partial \eta} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(M/J)}{\partial T} + \frac{\partial(UM/J)}{\partial \xi} + \frac{\partial(VM/J)}{\partial \eta} = & -\frac{1}{J}gh\left(\xi_x \frac{\partial z}{\partial \xi} + \xi_y \frac{\partial z}{\partial \eta}\right) - \frac{1}{J}ghS_{fx} + \frac{\partial}{\partial \xi}\left\{\frac{1}{J}\varepsilon(q_{11}M_\xi + q_{12}M_\eta)\right\} \\ & + \frac{\partial}{\partial \eta}\left\{\frac{1}{J}\varepsilon(q_{21}M_\xi + q_{22}M_\eta)\right\} - \frac{1}{2J}g\left(\xi_x \frac{\partial h^2}{\partial \xi} + \xi_y \frac{\partial h^2}{\partial \eta}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(N/J)}{\partial T} + \frac{\partial(UN/J)}{\partial \xi} + \frac{\partial(VN/J)}{\partial \eta} = & -\frac{1}{J}gh\left(\xi_y \frac{\partial z}{\partial \xi} + \eta_y \frac{\partial z}{\partial \eta}\right) - \frac{1}{J}ghS_{fy} + \frac{\partial}{\partial \xi}\left\{\frac{1}{J}\varepsilon(q_{11}N_\xi + q_{12}N_\eta)\right\} \\ & + \frac{\partial}{\partial \eta}\left\{\frac{1}{J}\varepsilon(q_{21}N_\xi + q_{22}N_\eta)\right\} - \frac{1}{2J}g\left(\xi_y \frac{\partial h^2}{\partial \xi} + \eta_y \frac{\partial h^2}{\partial \eta}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

ここに、M、Nはそれぞれxとy軸の流量フラックス $M=uh$ 、 $N=vh$ であり、u、vはそれぞれx、y方向の流速、hは水深、zは河床高、gは重力加速度、 ε は渦動粘性係数で、 $\varepsilon = \kappa/6u_*h$ で表され、 S_{fx} 、 S_{fy} は、河床摩擦勾配に関する項で次式のManning則を用いている。

$$S_{fx} = \frac{gn^2M\sqrt{M^2+N^2}}{h^{10/3}} \quad S_{fy} = \frac{gn^2N\sqrt{M^2+N^2}}{h^{10/3}} \quad (4), (5)$$

ここに、 κ はカルマン定数=0.4、 u_* は摩擦速度である。次式である。上式のU及びVは反変速度であって、

$$U = \xi_x u + \xi_y v, V = \eta_x u + \eta_y v \quad (6)$$

ヤコビアンJと形状テンソル q_{ij} は次のようである。

$$J = 1 / \left(x_{\xi} y_{\eta} - x_{\eta} y_{\xi} \right) \quad (7)$$

$$q_{11} = \xi_x^2 + \xi_y^2, q_{12} = \xi_x \eta_x + \xi_y \eta_y, \quad q_{21} = \xi_x \eta_x + \xi_y \eta_y, q_{22} = \eta_x^2 + \eta_y^2, \quad (8)$$

3. 格子形成と計算条件

流量は、平成2年9月20日の立野地点の最大流量=3176m³/sを与え、流量配分は、考慮しない。
粗度係数は、過去の実績から表-1のように定める

表-1 粗度係数の設定

区 間	低 水 路	高 水 敷
-0.2Km~4.0Km	0.022	0.040
4.0Km~8.0Km	0.030	0.045
8.0Km~15.2Km	0.035	0.055

次に、初期条件は、平成2年9月洪水時の、一次元不等流計算結果より、水位、流速を各断面に与える。
初期条件としての河床高と水位を図-1に示す。

また、河床高は、測定データに基づいて3次スプライン法で内挿し、差分メッシュは、流れの方向に測定断面として設定し、横断方向に等間隔の20分割した。

上流端の境界条件は、 ξ 方向の流量フラックスを供給量に応じて与え、 η 方向の流量フラックスを0とし、水深を連続方程式に基づいて、2次精度のボックススキームによって求めている。一方、下流端では、等流水深を与え、 ξ 方向の流量フラックスは一つ前の格子点の流量フラックスと同一とし、 η 方向の流量フラックスは0としている。右左の両側壁には、slip条件を採用し ξ 方向の流量フラックスを一つ内側の格子の流量フラックスと同じにし、 η 方向の流量フラックスを0とした。水深はやはり連続方程式により2次精度のボックススキームを用いて求めている。

なお、計算領域は、河口から上流15.2Kmまでである。

4. あとがき

もらった座標データによって形成された格子の一部分は、図-2のようであるが、格子が傾きすぎたために計算に強く不安定を起こしてしまった。このために、解析がうまく進んでいなかった。

今後、座標値を検討して適切な格子を作成し、解析を進めるつもりである。

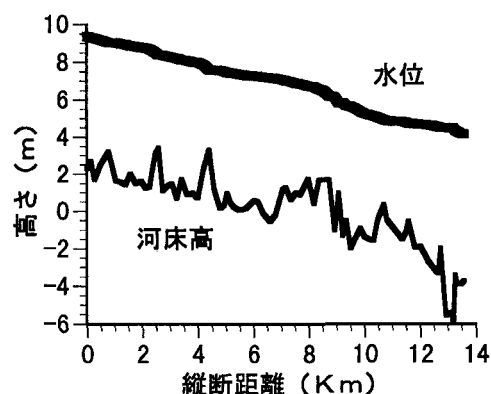


図-1 平均河床高と初期水位



図-2 形成した格子の不適切な部分