

複断面蛇行水路における大規模水平渦の挙動に関する研究

中央大学大学院 学生員 ○本永 良樹
国土交通省 正会員 海野 修司

国土交通省 正会員 武内 慶了
中央大学理工学部 正会員 山田 正

1.始めに：複断面河道は日本の河川中流部に多く見られ、その河道における洪水流の乱れを正確に把握することは河道維持等において極めて重要な要素である。複断面直線開水路流れでは、低水路と高水敷の境界部（以下、境界部と呼ぶ）において横断方向の主流速差に起因する大規模水平渦が発生する。本論文の著者らは複断面直線開水路における大規模水平渦の挙動には周期的挙動とカオスの挙動の二種類があることを既存の研究において解明してきた。本研究ではより実河川に近い低水路が蛇行部を有する複断面開水路において大規模水平渦が示す挙動を2次元数値計算により解明することを目的とする。

2.基礎式と計算条件：数値計算には決定論的な基礎式である2次元不定流の基本式と連続式を用いた。上流端境界条件として一定流量を与えた。計算が下流端境界条件に影響を受ける可能性を排除するため、下流端境界条件として下流端から流体が流れ出るように以下の式を与えた。

$$\frac{\partial}{\partial t} \begin{pmatrix} h \\ M \\ N \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} M \\ h \end{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \begin{pmatrix} h \\ M \\ N \end{pmatrix} = K \frac{\partial^2}{\partial x^2} \begin{pmatrix} h \\ M \\ N \end{pmatrix}$$

ここに、 t ：時間 [sec]、 x ：流下方向 [m]、 y ：横断方向 [m]、 M, N ： x, y 方向の流量フラックス [m^2/s]、 u, v ： x, y 方向流速 [m/s]、 h ：水深 [m]、 K ：人工粘性 [m^2/s]である。

図-1 は計算対象とした複断面蛇行水路の平面図である。水路全長は 4000m である、低水路蛇行区間

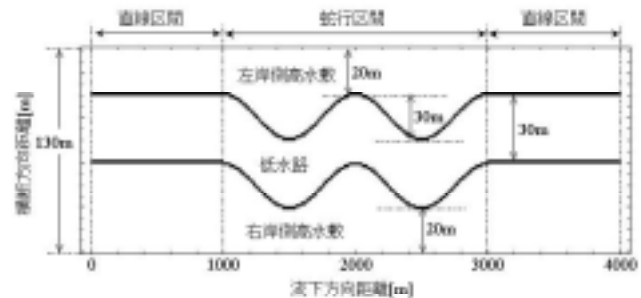


図-1 複断面蛇行水路平面図

水路勾配 1/1000、低水路の Manning の粗度係数 0.022、高水敷の Manning の粗度係数 0.1 とした。

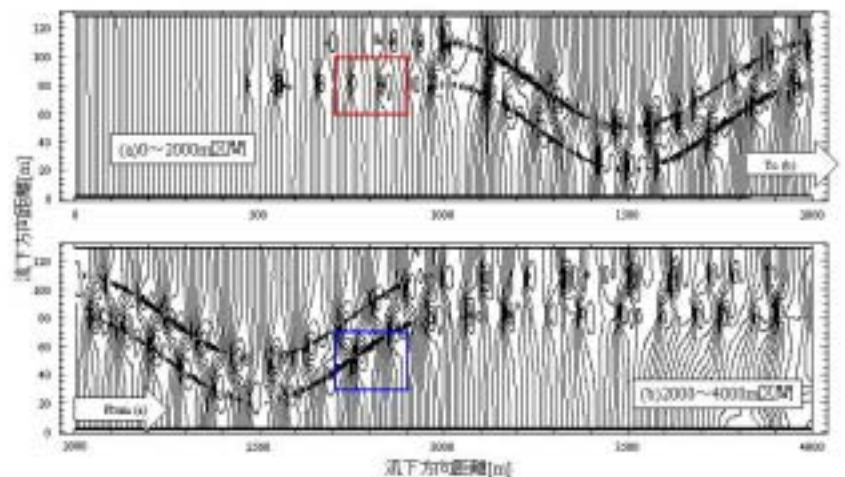


図-2 水位コンター図 ((a)0~2000m 区間(b)2000~4000m 区間)

直線区間における境界部で発生した水平渦が蛇行区間に入っても境界部に沿って流下している。赤枠、青枠で囲った部分の拡大図を図-3、図-4 において示す。

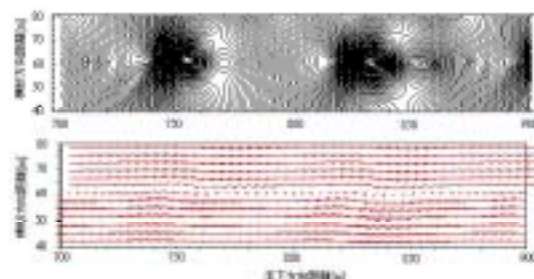


図-3 図-2 中赤枠領域の拡大図 (水位コンター図・相対ベクトル図)

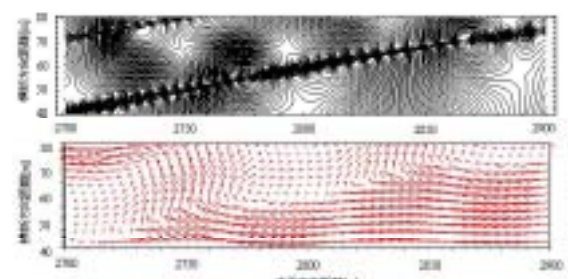


図-4 図-2 中青枠領域の拡大図 (水位コンター図・相対ベクトル図)

(図-3、図-4 より直線区間、蛇行区間ともに境界部に沿って水平渦が生じているのがわかる。)

は 2000m である。蛇行部は 1 波長 1000m の蛇行水路を 2 波長分つなげ、その形状は sin カーブで与えた。蛇行部区間の上流側・下流側に複断面が滑らかに接

キーワード：複断面蛇行開水路、大規模水平渦、2次元数値計算、周期的挙動、カオスの挙動

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 河川・水文研究室 TEL 03-3817-1805

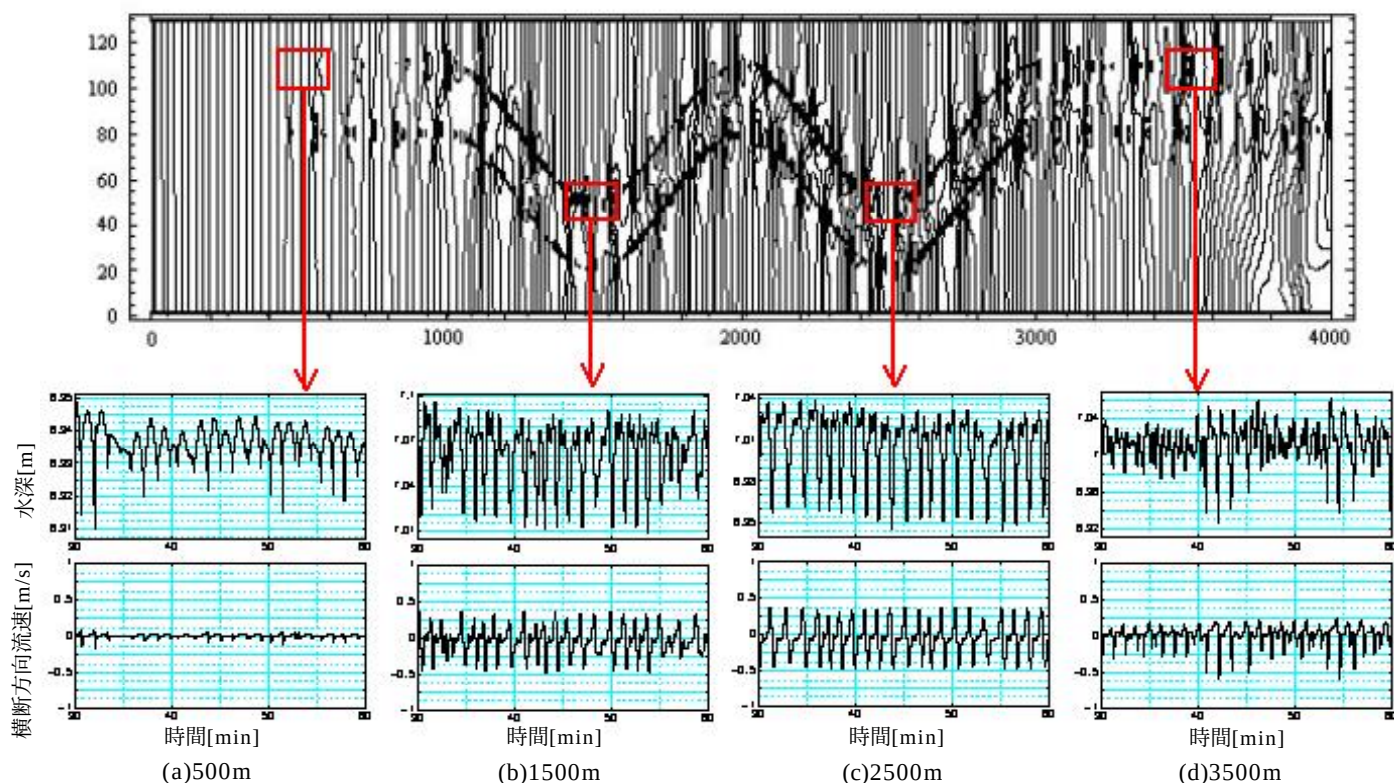


図-5 各地点境界部（左岸側）における水深・横断方向流速の時系列図

上流端よりそれぞれ(a)500m, (b)1500m, (c)2500m, (d)3500m 流下した地点における水深と横断方向流速の30分間の時系列図である。上流側直線水路で発生した大規模水平渦はカオスの挙動を示しているが、蛇行区間に入った後、流下するにつれて周期的挙動に変化していくのがわかる。また蛇行区間を抜け下流側直線区間に入ると水平渦は再びカオスの挙動に戻ることがわかる。

続するように1000mの直線複断面開水路を接続した。蛇行部の振幅を30m、水路幅を130m、高水敷の最狭幅は20mである。Manningの粗度係数は低水路で0.022、高水敷上で0.1と設定した。水路勾配は1/1000、高水敷高さは3mとした。

3. 計算結果: 図-2は計算結果の水位コンター図((a)0～2000m 区間, (b)2000～4000m 区間)である。コンター線が密集している部分が水平渦である。図-3, 図-4はそれぞれ図-2中における赤枠, 青枠で囲まれた領域の拡大図でそれぞれ水位コンター図と境界部主流速で動く系から見た相対流速ベクトル図の一例である。図-3, 図-4より上流側直線水路の境界部で発生した大規模水平渦は蛇行区間に入っても境界部に沿って流下していくことがわかる。また、大規模水平渦は再び下流側の直線水路区間に入っても境界部に沿って流下を続けることがわかる。

図-5は上流端より、500m, 1500m, 2500m, 3500m 流下した地点での左岸側境界部における水深及び横断方向流速の時系列図である。横断方向流速のグラフは、正の値の場合は低水路から高水敷へ向かう流れ、負の値の場合は高水敷から低水路へ向かう流れ

をそれぞれ表す。これより上流側直線水路で発生したカオスの挙動を示す大規模水平渦は、蛇行区間に入った後、流下するにつれてその挙動が周期的に変化していくのがわかる。また蛇行区間を抜け下流側直線区間に入ると水平渦は再びカオスの挙動を示すことがわかる。

4. 考察: 本研究において直線複断面開水路で発生したカオスの挙動を示す大規模水平渦が、蛇行区間を流下するにつれて周期的挙動を示すようになり、蛇行区間を抜けると再びカオスの挙動に戻るという結果が得られたことから、河川蛇行部には水平渦に整合性を与え発達後の水平渦の挙動を均す効果があると考えられる。

5. まとめ: 本研究により得られた知見を以下に示す。(1)複断面直線開水路で発生した大規模水平渦は蛇行部に入っても境界部に沿って流下する。(2)河川における蛇行区間には水平渦を均してその挙動を周期的に整える効果がある。

参考文献: 武内慶了・本永良樹・海野修司・山田正：複断面開水路流れにおける大規模水平渦の発生と発達, 水工学論文集, 第47巻, pp.475-480, 2003