

複断面蛇行河道におけるハイドログラフの変形と 河道内貯留の非定常2次元解析

THE UNSTEADY 2D FLOW ANALYSIS ON THE DEFORMATION OF HYDRO-GRAPH
AND THE FLOOD FLOW STORAGE IN COMPOUND MEANDERING CHANNELS

渡辺明英¹・福岡捷二²・Alex George Mutasingwa³・太田勝⁴
Akihide WATANABE, Shoji FUKUOKA, Alex George Mutasingwa and Masaru OTA

¹正会員 博(工) 広島大学大学院工学研究科助教授 社会環境システム (〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1)

²正会員 工博 広島大学大学院工学研究科教授 社会環境システム (同 上)

³学生会員 広島大学大学院環境工学専攻博士後期課程 (同 上)

⁴国土交通省近畿地方整備局豊岡工事事務所調査課長 (〒668-0025 豊岡市幸町 10-3)

In a compound meandering channel, the deformation of hydro-graph occurs due to the flooding of flow on the flood plain and the peak discharge of flood is reduced to the downstream direction. This phenomena depends on the unsteadiness of flood, roughness of flood plain and main channel, cross-section shape of the river, and so on. It is important to make the deformation of hydro-graph and the reduction of peak discharge clear in the planning of river improvements. In this paper, this deformation of hydro-graph is simulated and shown by using unsteady 2D flow model expressed in the physical components of velocity for the physical model experiments and the maruyama river in the field.

Key Words: *unsteady flow, 2D analysis, deformation of hydro-graph, compound meandering channel, flood flow storage*

1. はじめに

これまでの河道計画においては流れを準定常として最大流量に対する不等流解析を行い、この結果を基に水位、流速を求め、河道計画の検討に用いている。しかしながら、日本の主要な河川の代表的な形態となっている複断面河道に洪水流が流下するとき、水位上昇期において高水敷に洪水が氾濫していくために、特にそのフロント部において流量が低減され、水位下降期に高水敷から低水路への流入が生じ、流量の増大が生じる。複断面河道が大きく蛇行し低水路と高水敷の流体混合が大きくなったり、高水敷上の粗度が大きい場合には河道内の貯留が大きくなるために、ピーク流量が大きく低減されることが示されてきた¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。このような複断面河道を流下する際に生じるハイドログラフの変形に伴う流量の変化を見積ることは、河道計画や治水安全度評価に対して重要な課題である。このような現象は、洪水流の非定常性の他に、複断面河道の平面形状、断面形状、粗度分布に大きく依存するために、簡易な形で一般的に評価することは難しい。

本研究では、まず、複断面蛇行河道に非定常流が通過した場合に生じるハイドログラフの変形とピーク流量の低減量を評価し得る数値モデルを開発した。次に、模型実験及び現地における非定常流にこれを適用し、実河道でも洪水ハイドログラフの変形と河

道内の貯留が生じることを数値解析で示した。

相対水深が大きい場合、複断面蛇行河道流れは一般に2層的であるとされ⁵⁾⁶⁾、少なくとも2層で解析することが望ましい。しかし、相対水深が小さく単断面的蛇行流れが生じている場合には低水路流れと高水敷上流れの運動量交換が小さいため、その影響は小さく、一般に洪水継続時間の中では相対水深が小さい時間が長い。さらに、本文では複断面河道に長時間洪水が長距離流下する場合に生じるハイドログラフの変形について検討しており、3次元解析は現時点では実用上困難であると考えられ、水位が高水敷高さを越えて上昇・下降する場合には、3次元解析では境界条件に特別な工夫を要する。そのため、本解析には非定常2次元解析法が採用された。

2. 解析方法

(1) 平面曲線一般座標系変換の考え方

流体解析において、複雑な境界形状の影響を数値解析へ容易に取り入れるために、一般的に座標変換が行われる。しかし、通常の一般座標系への変換では、独立変数である座標系のみが変換されるか、もしくは反変流量フラックスベクトルを従属変数として表記されることが多い。これらの場合、運動方程式の各項の持つ意味が分かり難く、応力などの境界条件を明瞭に与え難い。流速の(x, y)座標系成分と一般

座標反変成分の両方を混在させて用いるものもあり、それらの評価位置と座標系の曲がり等によって解析が困難になる場合もある。風上化を行う場合にメトリック成分まで風上化してしまうと、解が座標系や断面形状の評価方法に依存することになる。

一方、一般座標系を用いない場合には、曲率を考慮した(s, n)座標系を用いることも多い。この場合には式の各項の意味が分かり易いが、座標系が直交性を満足しない場合には斜交性の影響が入ることになる。その影響についても厳密に議論されてはいない。

ここでは、一般座標系で表記された反変物理流速成分のみで表記した運動方程式と連続式を用いることでこれらの問題を回避する。

(2) 流れの基礎方程式

基礎方程式には、2次元非定常の浅水流方程式を用いる。まず、一般曲線座標系(ξ, η)を導入する。一般座標系に対して、反変軸上の物理長さが1の単位反変ベクトル(以下、反変基底物理成分)は、

$$\begin{pmatrix} \tilde{\xi}_x & \tilde{\xi}_y \\ \tilde{\eta}_x & \tilde{\eta}_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d\xi \cdot \xi_x & d\xi \cdot \xi_y \\ d\eta \cdot \eta_x & d\eta \cdot \eta_y \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{cases} d\xi^2 = 1/(\xi_x^2 + \xi_y^2) \\ d\eta^2 = 1/(\eta_x^2 + \eta_y^2) \end{cases}$$

の形で定義される。ここで(x, y)は任意の直交座標系であり、添え字は偏微分、(dξ, dη)は図-1に示される一般座標系格子の反変軸上距離(以下、反変距離)を表す。上部の~線は物理成分であることを示す。本文では全て反変座標軸の実距離を長さの基準に取る。格子面積Jと歪みや交差角は次式で表される。

$$J = x_\xi y_\eta - x_\eta y_\xi = 1/(\xi_x \eta_y - \xi_y \eta_x)$$

$$\tilde{J} = \frac{J}{d\xi \cdot d\eta} = \frac{1}{\sin \theta^{\eta\xi}}$$

$$\cos \theta^{\eta\xi} = (\tilde{\xi}_x, \tilde{\xi}_y)^T (\tilde{\eta}_x, \tilde{\eta}_y)$$

座標変換は、以上の反変基底物理成分、反変軸交差内角θ^{ηξ}、反変距離を用いて行われる。このとき、流速ベクトルと応力テンソルの(x, y)座標系成分と一般座標系物理成分との変換は次式で表される。

$$\begin{pmatrix} \tilde{U} \\ \tilde{V} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{\xi}_x & \tilde{\xi}_y \\ \tilde{\eta}_x & \tilde{\eta}_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} \tilde{\tau}_{\xi\xi} & \tilde{\tau}_{\xi\eta} \\ \tilde{\tau}_{\xi\eta} & \tilde{\tau}_{\eta\eta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{\xi}_x & \tilde{\xi}_y \\ \tilde{\eta}_x & \tilde{\eta}_y \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \tau_{xx} & \tau_{xy} \\ \tau_{xy} & \tau_{yy} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \tilde{\xi}_x & \tilde{\xi}_y \\ \tilde{\eta}_x & \tilde{\eta}_y \end{pmatrix}^T \quad (3)$$

ただし、応力に関する添え字は、応力の作用面と応力の方向を示している。

これらの変換則に従って、浅水流方程式を座標変換すると、最終的に次式を得る。

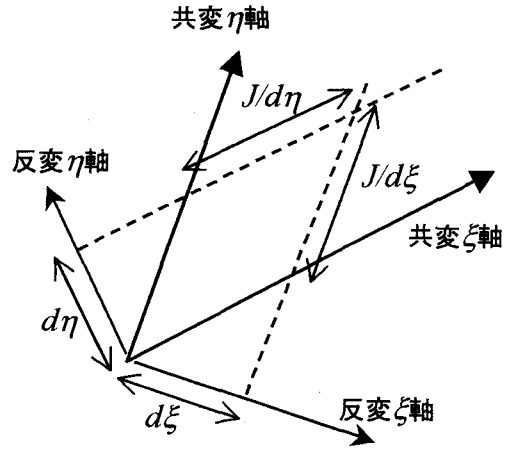


図-1 反変格子距離と共変格子距離

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{U}}{\partial t} h + \tilde{U} h \left\{ \frac{\partial \tilde{U}}{\partial \tilde{\xi}} - \tilde{J} (\tilde{V} - \tilde{U} \cos \theta^{\eta\xi}) \frac{\partial \theta^{\eta\xi}}{\partial \tilde{\xi}} \right\} \\ + \tilde{V} h \left\{ \frac{\partial \tilde{U}}{\partial \tilde{\eta}} - \tilde{J} (\tilde{V} - \tilde{U} \cos \theta^{\eta\xi}) \frac{\partial \theta^{\eta\xi}}{\partial \tilde{\eta}} \right\} \\ = -gh \left\{ \frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{\xi}} + \cos \theta^{\eta\xi} \frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{\eta}} \right\} - \tau_{z\xi} \\ + \frac{1}{J} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{Jh}{d\xi} \tilde{\tau}_{\xi\xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{Jh}{d\eta} \tilde{\tau}_{\xi\eta} \right) \right] \\ - \tilde{J} h (-\tilde{\tau}_{\xi\xi} \cos \theta^{\eta\xi} + \tilde{\tau}_{\xi\eta}) \frac{\partial \theta^{\eta\xi}}{\partial \tilde{\xi}} \\ - \tilde{J} h (-\tilde{\tau}_{\xi\eta} \cos \theta^{\eta\xi} + \tilde{\tau}_{\eta\eta}) \frac{\partial \theta^{\eta\xi}}{\partial \tilde{\eta}} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{V}}{\partial t} h + \tilde{U} h \left\{ \frac{\partial \tilde{V}}{\partial \tilde{\xi}} + \tilde{J} (\tilde{U} - \tilde{V} \cos \theta^{\eta\xi}) \frac{\partial \theta^{\eta\xi}}{\partial \tilde{\xi}} \right\} \\ + \tilde{V} h \left\{ \frac{\partial \tilde{V}}{\partial \tilde{\eta}} + \tilde{J} (\tilde{U} - \tilde{V} \cos \theta^{\eta\xi}) \frac{\partial \theta^{\eta\xi}}{\partial \tilde{\eta}} \right\} \\ = -gh \left\{ \cos \theta^{\eta\xi} \frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{\xi}} + \frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{\eta}} \right\} - \tau_{z\eta} \\ + \frac{1}{J} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{Jh}{d\xi} \tilde{\tau}_{\eta\xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{Jh}{d\eta} \tilde{\tau}_{\eta\eta} \right) \right] \\ - \tilde{J} (-\tilde{\tau}_{\xi\xi} + \tilde{\tau}_{\xi\eta} \cos \theta^{\eta\xi}) \frac{\partial \theta^{\eta\xi}}{\partial \tilde{\xi}} \\ - \tilde{J} (-\tilde{\tau}_{\xi\eta} + \tilde{\tau}_{\eta\eta} \cos \theta^{\eta\xi}) \frac{\partial \theta^{\eta\xi}}{\partial \tilde{\eta}} \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、

$$\frac{\partial}{\partial \tilde{\xi}} = \frac{\partial}{(d\xi) \partial \xi}, \quad \frac{\partial}{\partial \tilde{\eta}} = \frac{\partial}{(d\eta) \partial \eta}$$

であり、水平応力はそれぞれ次式で定義される。

$$\begin{aligned} \tilde{\tau}_{\xi\xi} = 2\varepsilon \left[\left(\frac{\partial \tilde{U}}{\partial \tilde{\xi}} + \cos \theta^{\eta\xi} \frac{\partial \tilde{U}}{\partial \tilde{\eta}} \right) \right. \\ \left. - \tilde{J} (-\tilde{U} \cos \theta^{\eta\xi} + \tilde{V}) \left(\frac{\partial \theta^{\eta\xi}}{\partial \tilde{\xi}} + \cos \theta^{\eta\xi} \frac{\partial \theta^{\eta\xi}}{\partial \tilde{\eta}} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{\tau}_{\xi\eta} &= \varepsilon \left[(\cos \theta^{\eta\xi} \frac{\partial \tilde{U}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tilde{U}}{\partial \eta}) \right. \\ &\quad \left. - \tilde{J} (-\tilde{U} \cos \theta^{\eta\xi} + \tilde{V}) (\cos \theta^{\eta\xi} \frac{\partial \theta^{\xi}}{\partial \xi} + \frac{\partial \theta^{\xi}}{\partial \eta}) \right] \\ &\quad + \varepsilon \left[\frac{\partial \tilde{V}}{\partial \xi} + \cos \theta^{\eta\xi} \frac{\partial \tilde{V}}{\partial \eta} \right] \\ &\quad - \tilde{J} (-\tilde{U} + \tilde{V} \cos \theta^{\eta\xi}) \left(\frac{\partial \theta^{\eta}}{\partial \xi} + \cos \theta^{\eta\xi} \frac{\partial \theta^{\eta}}{\partial \eta} \right) \\ \tilde{\tau}_{\eta\eta} &= 2\varepsilon \left[(\cos \theta^{\eta\xi} \frac{\partial \tilde{V}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tilde{V}}{\partial \eta}) \right. \\ &\quad \left. - \tilde{J} (-\tilde{U} + \tilde{V} \cos \theta^{\eta\xi}) (\cos \theta^{\eta\xi} \frac{\partial \theta^{\eta}}{\partial \xi} + \frac{\partial \theta^{\eta}}{\partial \eta}) \right] \end{aligned}$$

底面せん断応力項は、絶対流速と反変物理流速、マニングの粗度係数、水深で評価されている。渦動粘性係数は、 $(\kappa u_* h) / 6$ にスマゴリンスキーモデルによる渦動粘性係数を加えたものが用いられている。

式(4)(5)は、反変流速物理成分と座標軸の曲率及び交差角のみで表され、格子距離、反変座標系の角度 $(\theta^{\xi}, \theta^{\eta})$ のみが与えられれば、複雑な変換なしに計算できる。直交曲線座標系では、 $\tilde{J} = 1$, $\cos \theta^{\eta\xi} = 0$ になり、直線斜交系ならば曲率項が0になる。

本文では移流項部分について、

$$\begin{aligned} &\frac{\partial \tilde{U}}{\partial t} h + \tilde{U} h \frac{\partial \tilde{U}}{\partial \xi} + \tilde{V} h \frac{\partial \tilde{U}}{\partial \eta} \\ &= \left[\frac{\partial \tilde{U} h}{\partial t} + \frac{d\xi}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{J}{d\xi} \tilde{U} \tilde{U} h \right) + \frac{d\eta}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{J}{d\eta} \tilde{U} \tilde{V} h \right) \right] \\ &\quad - \tilde{U} \left[\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{J} \left\{ \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{J \tilde{U} h}{d\xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{J \tilde{V} h}{d\eta} \right) \right\} \right] \end{aligned} \quad (6)$$

と変形し、連続式

$$J \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{J \tilde{U} h}{d\xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{J \tilde{V} h}{d\eta} \right) = 0 \quad (7)$$

が満足されるとして、式(6)の右辺第1項群で計算される。基礎式を保存形式で表した場合に現れる $(J/d\xi, J/d\eta)$ は、格子の共変軸上距離を意味するので、これには格子境界線長さを直接用いる(図-1)。

風上化に関して水深やメトリックの影響が入らないように、式(6)左辺の式形における物理流速の風上粘性のみ加えられる。今回は氾濫フロント部分などを含むため、風上化は簡略化のため1次精度とされた。

(3) 氾濫フロント部分及び段差部分の処理

複断面蛇行河道における非定常流れの計算には、水位上昇時の高水敷への侵入に伴う氾濫フロント部の移動と水位下降時における高水敷から低水路への流入が含まれている。計算格子点に十分な水深がある場合は問題ないが、フロント部分や段差部分では

計算時に水深が少量で不安定になる場合がある。

本解析においては、氾濫フロントで0.1cm(模型値)以下ならばDRY状態として判定を行い、その境界部では、時間加速度項、重力項と底面摩擦項のみで流速の計算を行っている。DRY状態への侵入はあるが、DRY状態からの水と運動量の放出はないようなフィルター処理を施している。

下降時の高水敷と低水路の段差部分では、低水路水位が高水敷高さよりも低い場合、及び低水路水位が高水敷水位よりも低くかつ段差境界線上の水深が小さい場合には、高水敷側の値で水面勾配項、河床抵抗項、移流項を表して境界部の流速を計算し、移流によって高水敷から出た運動量のみが低水路に入るようにして、渦粘性による応力は伝わらないようにしてある。段差が生じている場合には、さらに水面勾配が段差部分で接続しないようにしてある。

3. 非定常洪水解析

(1) 解析条件

図-2.3に解析対象とした実験水路及び円山川の平面形状を示す。

実験水路は、幅2.2m、低水路幅50cm、低水路水深4.5cm、蛇行度1.02、勾配1/1000である。高水敷には粗度として人工芝が張りつけられている。流量は、定常7l/sからピーク時17l/sに変化する三角形ハイドロが与えられる。解析では上流で流量が与えられ、下流端で一定堰高で堰き上げられている。低水路の粗度係数は0.011、高水敷粗度係数は0.024とした。計算格子点数181x39点で、dt=0.01秒で解析した。

円山川は約10km~16km付近の河道を解析対象区間として取り出した。解析対象の上流端部断面A、中流部断面B、下流端部断面Cにおける横断形状を図-4に示す。図から分るように低水路部の水深は3m~4m程度であり、下流端付近に中州状の島がある。

円山川では上流部と下流部で水位が後述の図-8に示す様に観測されている。中流部で流量が観測されているが、上流部における流量は未知量となっている。そのため、解析では、解析対象上流端断面Aにおける平均水位と解析対象下流端断面Cにおける平均水位が各観測値に追従するように計算領域の上流及び下流に設置したpond部分の水位を調整することで解析を行った。ただし、調節波形の伝達遅れを考慮して調節するため、実測値と完全には一致しておらず、僅かに遅れが生じる。

計算開始時点で上流端水位は5.6m、下流端水位2.6mであるので、高水敷高が高くない部分のほとんどは既に冠水状態にある。円山川の粗度係数分布が明確でないため、ここでは低水路粗度 $n = 0.025$ 、高水敷粗度 $n = 0.035$ と仮定されている。したがって、

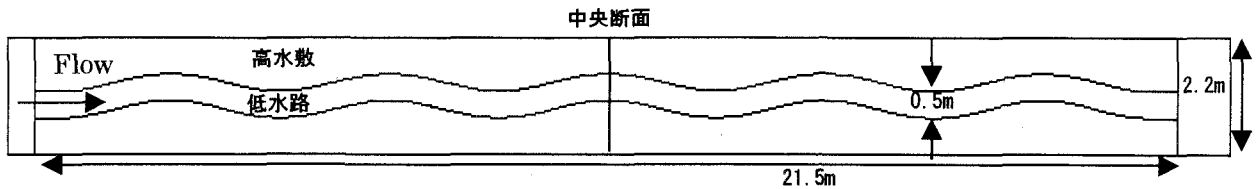


図-2 実験水路 (計算領域全域)

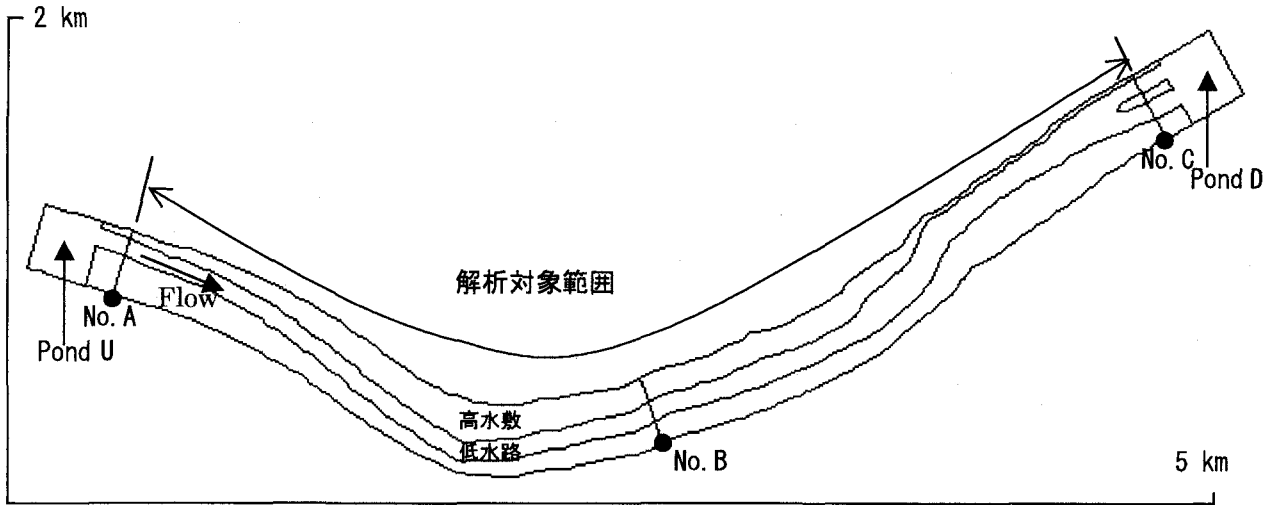
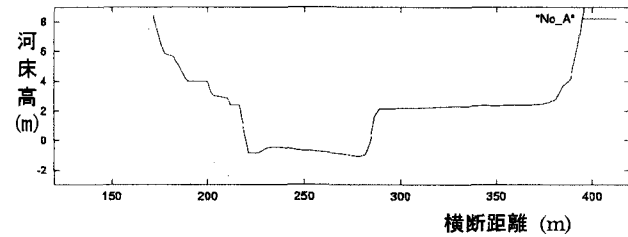
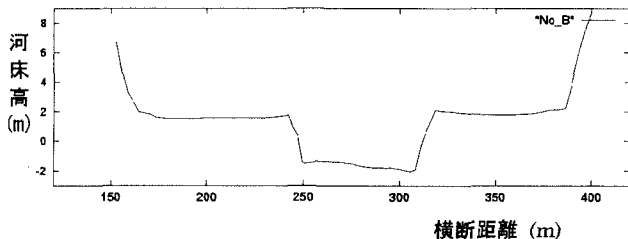


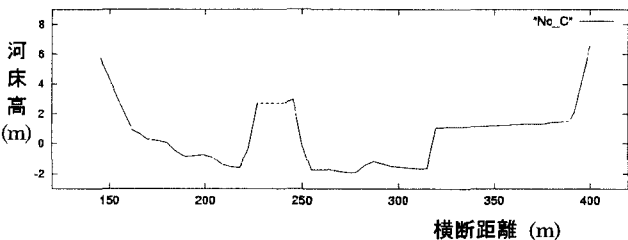
図-3 円山川河道平面形状 (計算領域全域)



(1) 断面 A



(2) 断面 B



(3) 断面 C

図-4 円山川河道横断面形状

計算で得られた流量は、実際のもの比べて1割程度多い。このような計算を行う場合、観測流量が計算流量と一致するように粗度を定める必要があるが、今回は行っていない。計算格子点数 231 x 29 点であり、 $dt = 0.1$ 秒で解析を行っている。

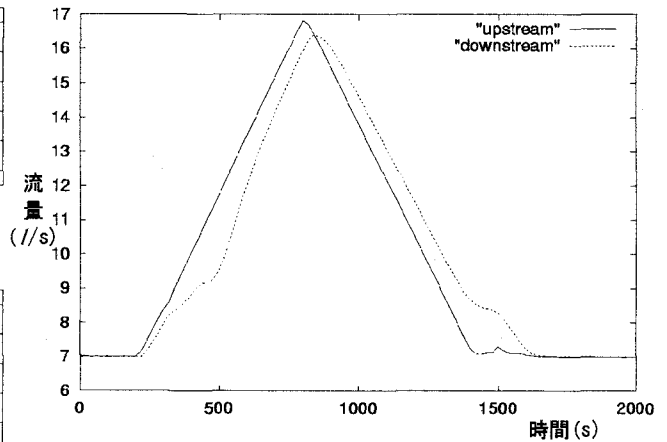


図-5 実験水路の蛇行上流端及び下流端における流量ヒドログラフ

(2) 解析結果 - 実験水路

図-5 に実験水路を対象とした場合における蛇行開始上流端及び下流端における流量の時間変化の解析結果を示す。図から、流下に伴うピーク流量の減少が見られる。このピーク流量の減少は水面勾配の時間空間変化や複断面蛇行流れによる高水敷と低水路の運動量交換に伴う付加的抵抗等に起因していると考えられる。高水敷への乗り上げ時には下流側の流量が三角形に対して減少し(約 500 秒後)、高水敷からの落ち込み時には下流側の流量が三角形に対して増大する(約 1500 秒後)という特徴が現れている。

図-6 に水路中央断面の中央部における水深と上流端における流量の関係を示す。これより、同一の水深に対して、水位上昇時に流量が大きく、水位下降時に流量が小さくなる右回りのループを描いている

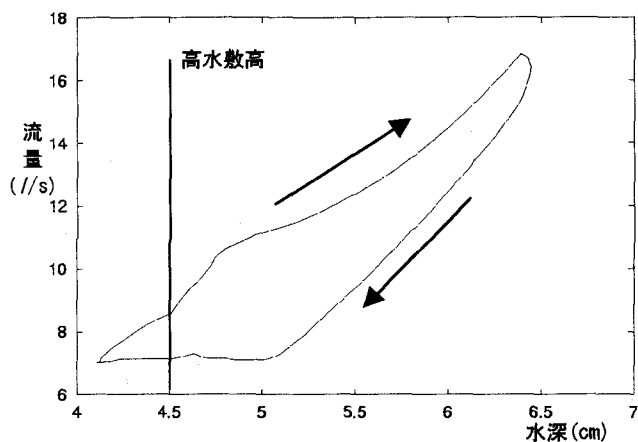


図-6 実験水路中央部における水深と流量の関係

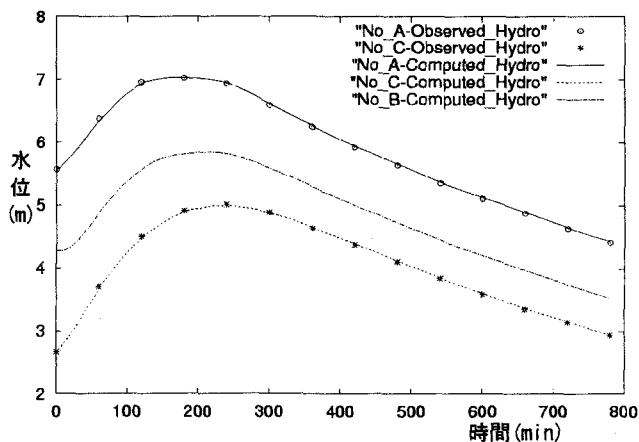


図-8 円山川水位ハイドログラフ

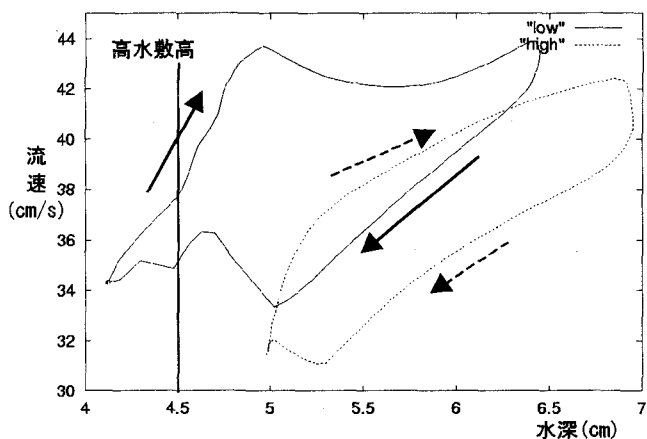


図-7 実験水路中央部における水深と流速の関係

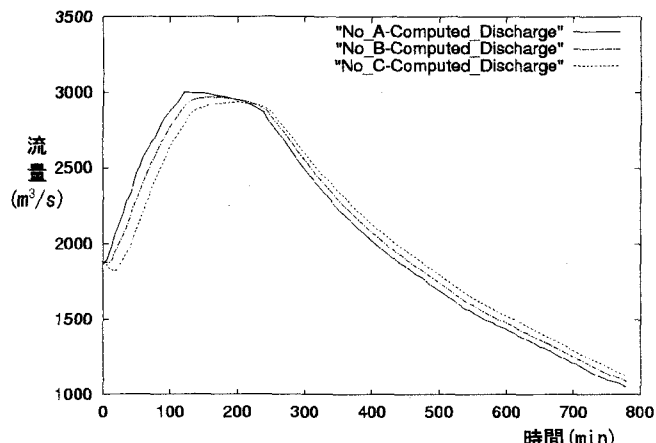


図-9 円山川流量ハイドログラフ

ことがわかる。この流量の差は、高水敷への乗り上げ、落ち込み時に大きく、高水敷への冠水深が増大すると小さくなる。

図-7 は水路中央断面の中央部における水深と流速の関係を示す。図には高水敷への乗上げと高水敷からの落ち込みが生じる下流端水位が低い場合(low)と、乗上げや落ち込みが生じない下流端水位が高い場合(high)の2ケースが示されている。下流端水位が低い場合には高水敷へ乗り上げが生じる4.5 cm~5.0 cm付近において流速が一時的に増大するが、下流端水位が高い場合にはこのような現象は現れていない。

したがって、水位上昇時における低水路流速の一時的な上昇と下降時の一時的な低下は低水路から高水敷への乗上げと落ち込み時に特有な現象であると考えられる。これは、乗上げ時には低水路への侵入が少ないために高水敷からの遅い運動量が低水路に輸送されず流体混合による抵抗を受け難いこと、落ち込み時には逆に高水敷上の低速流の低水路への侵入によって低水路流速が低下することが原因であると考えられる。これが、複断面河道における非定常時の水位・流速関係の特性を決める要因の一つである。

もう一つは、相対水深が高い時点における複断面蛇行流れによる運動量交換機構⁶⁾である。実験でも冠水深の増大と共に流速が再び増加するが、流速は解析結果程度まで大きく増大しない。これは、冠水深が増大時の運動量交換による付加的な抵抗に起因すると思われる。本モデルでは冠水時において低水路流速が低下しておらず、低減効果が過小評価されているようである。これは、今回用いた解析モデルが水深平均した1層型のモデルであるために、2層構造を持つ複断面蛇行流れによる運動量交換を十分な精度で表せ得ないことや高水敷粗度の違いなどのためであると考えられる。

(3) 解析結果—円山川

先述した様に、図-8 に示す解析対象範囲の上流端位置、及び下流端位置における水位が観測結果と一致するように計算領域上端池U及び下端池Dの水位を調整した。その結果、河道を流下した断面A,B,Cにおける流量の時間変化を図-9 に示す。上流端部Aにおける流量は上流端池水位の変化速度に大きく依存する。そのため、上流端水位の変化速度が急変す

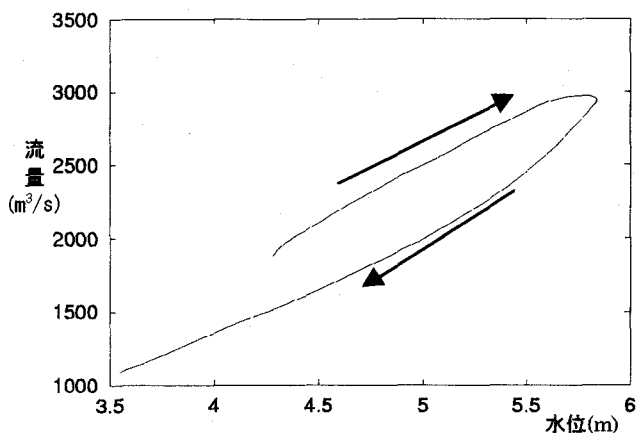


図-10 円山川中央水位～流量関係(B断面)

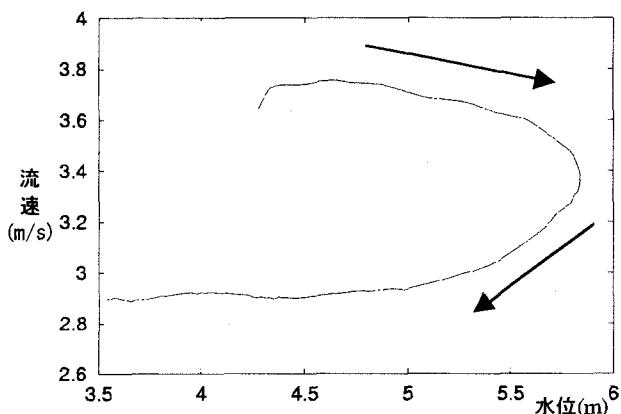


図-11 円山川中央水位～中央流速関係(B断面)

る 100 分付近で流量がピークを取る。この上流端 A の流量ハイドログラフ形状の確からしさは、上流端水位の時間変化の観測精度で決まっている。定常の不等流を初期状態としているために、下流池 D の水位の上昇と共に解析開始直後に、下流端断面 C において堰上げ状態となり一時的に流量が低下している。

図-9 から明かなように、5 km 流下する間にわずかではあるが 3% 程度のピーク流量の低減が見られる。これは流下と時間経過に伴い、空間的な水面勾配が緩やかになるためであり、図-8 の上流端 A と下流端 C の水位差が時間と共に減少することからも容易に確認できよう。

図-10 に河道中流部断面 B における中央部の水位と流量の関係を示す。図-11 に河道中流部断面 B における中央部の水位と流速の関係を示す。図-4 に示した高水敷高さ約 2 m に対して水位が既に大きいために複雑なループは描いていないが、水位上昇時に流量、流速共に大きく、水位下降時に流量、流速が小さくなる右周りの大きなループを描いていることが分る。

図-12 に断面 A C 間における河道内貯留量の変化速度を示す。貯留速度のピークは、洪水流量ピークの前であり、貯留速度 0 の点が断面 A と断面 C にお

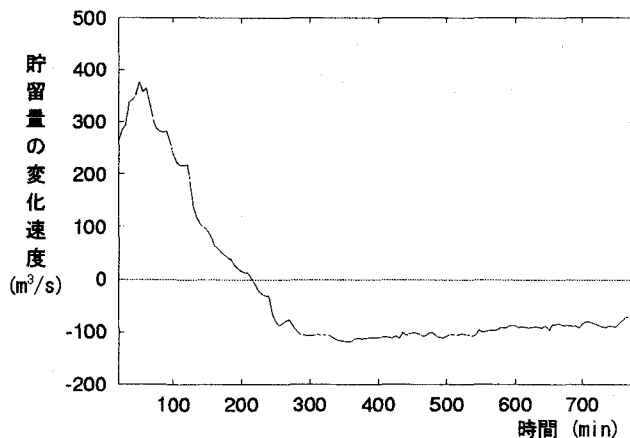


図-12 断面 A C 間における河道内貯留量の変化速度の時間変化

ける流量ハイドログラフの交差点である。図-12 から水位上昇期(150 分後位まで)において長さ約 5 km の河道区間において数 100 m³/s 程度の速さで、貯留が生じていることが分る。

4. おわりに

本解析で用いた非定常 2 次元解析モデルでは、複断面蛇行流れによる運動量交換を十分に表せていない。しかしながら、洪水流の流下に伴うハイドログラフの変形などの特徴を表すことはできている。

本解析より、実河川においても洪水流の流下に伴い、数 km の範囲でハイドログラフが変形し、河道内に貯留が行われていることが確かめられた。

参考文献

- 1) 福岡捷二, 渡邊明英, 関浩太郎, 岡部博一: 洪水流の水利特性に及ぼす非定常性, 流路平面形, 横断面形の影響, 水工学論文集, 第 44 巻, pp.867-872, 2000.
- 2) 福岡捷二, 関浩太郎, 栗栖大輔: 河道における洪水流の貯留とピーク流量低減機能の評価, 河道の水利と河川環境シンポジウム論文集, Vol. 6, pp.31-36, 2000.
- 3) Shoji FUKUOKA: Flow and Topographic Change in Compound Meandering Rivers. , 4th International Conference on Hydro-Science and Engineering, 2000.
- 4) Alex George Mutasingwa, Shoji FUKUOKA and Akihide WATANABE: Comparison Between Experiment and Computed Flood Flow Characteristics in a Compound Meandering Channel, 水工学論文集, 第 45 巻, pp. 589- 594, 2001.
- 5) Haisheng Jin, Shinji Egashira, Bingyi Liu: Characteristics of Meandering Compound Channel Flow Evaluated With Two-Layered, 2-D Method, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE Vol.40, pp.717-724, 1996.
- 6) 福岡捷二, 渡邊明英: 複断面蛇行水路における流れ場の 3 次元解析, 土木学会論文集, No. 586/II-42, pp. 39-50, 1998. 2

(2001. 10. 1 受付)