

河川網を対象とした一次元不定流解析モデル

日本工営(株)中央研究所 高部一彦¹、正員 ○金 海生¹

1. はじめに 河口デルタ地域、都市域においては、従来の治水手法では限界がある都市型氾濫の増大のような災害に対する脆弱さ、開発による自然生態系の破壊と自然環境へのニーズの高まりなどの問題が顕在化している。これらの問題に対して、新川、運河、放水路、農業用水路、都市下水路などの水路群を有機的に結びつけることで、効果的に対処できると考えられている。例えば、水路群をネットワーク化することで氾濫流を制御して氾濫水を誘導したり、農業用水路を震災時の緊急用水のための水路として機能させたりすることが考えられる¹⁾。このような背景をもとに、河川がネットワーク状に合流、分流しているような河川網に対して、水位や流量等を把握することは治水、利水等を考える上でも重要である。しかし、このような河川網に関しては、流れ方向や分流比が時間的、空間的に変化する点で、水位、分流量を予測することが困難である。そこで、著者らは、分・合流点において流量の連続性とエネルギー保存を考慮することで、河川網システム全体に対しての一次元不定流解析モデルを構築し、河川網における水位、流量の予測を試みることにした。

2. 河川網解析のモデル化 本モデルで使用した一次元支配方程式を式(1)、式(2)に示す。

$$\text{連続式: } \beta \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_i \quad (1) \quad \text{運動方程式: } \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \left(\frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{Q|Q|}{K^2} \right) = 0 \quad (2)$$

ここで、 x ：流下方向、 t ：時間、 A ：横断面面積、 β ：死水域を考慮するための蓄存係数、 Q ：流量、 q_i ：樋門（管）などからの横流出・流入量、 g ：重力加速度（9.81 m/s²）、 ζ ：水位、 K ：流量係数、 n ：粗度係数、 R ：径深である。

連続式（1）、運動方程式（2）を Preissmann 4 点陰型差分法で差分化し、分・合流点において流量の連続性とエネルギー保存を考慮することで、河川網全体をシステムとして解析を行う。

3. 本モデルの特徴 本モデルでは、一般断面を対象としており、横断測量による横断面データをそのまま解析に使用することができる。また、分流点においては流量の連続性、エネルギー保存則を厳密に扱っているため、一般に行われているように、分流比などを設定する必要もない。

4. 計算条件

上記のモデルをある河川網に適用した。以下に解析対象とした河道モデルを図1に、代表的な横断面図を図2に、境界条件として上流端及び下流端で与えた流量、水位ハイドロを図3及び図4に示す。粗度係数は断面ごと、または断面内横方向に非均一に設定することができるが、ここでは簡単に全断面で一様に 0.02 に設定した。また、横流入量は無いものとして解析を行った。

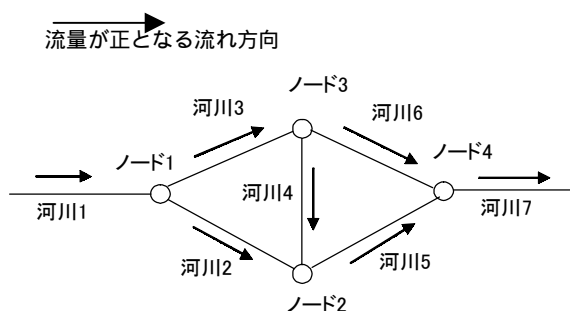


図1 解析対象とした河道網モデル

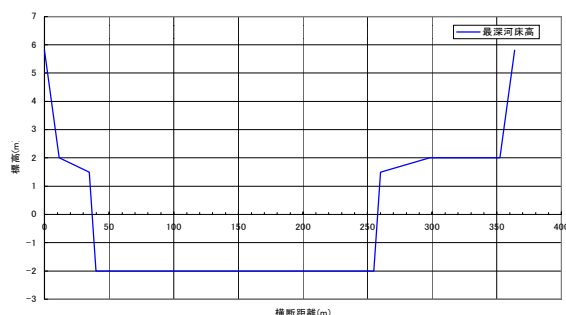


図2 河川横断面図

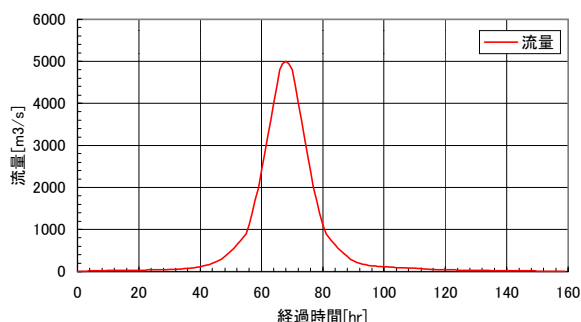


図3 上流端で与えた流量ハイドログラフ

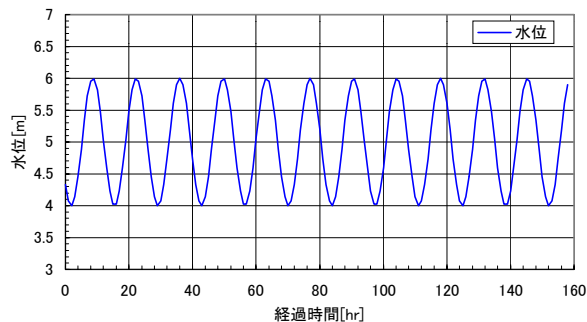


図4 下流端で与えた水位ハイドログラフ

Keywords: River network, unsteady flow, one-dimensional model, energy conservation, Preissmann scheme

¹〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原2304 Tel.: 029-871-2039 Fax: 029-871-2022

E-mail: a51313@n-koei.co.jp

5. 計算結果 図5及び図6にそれぞれノード3とノード4（図1を参照）に接続している断面での流量ハイドログラフを示す。図7に上流端で流量がピーク（ $5000\text{m}^3/\text{s}$ ）の時の各河川断面における流量、水位と河床高を示す。図5の結果により、特に河川4における流れの方向が接続ノードの流況によって変化していることが判る。図6から、ノード4は下流端に近い、下流端水位変動による影響が非常に強いことが判る。図5、図6によれば、本モデルは任意の時間での水位、流量及び流れ方向を評価することができる。また、流量が小さい場合でもピーク流量のような非常に大きな流量の場合と同様に合理的な結果が得られることが判る。図7の結果により、各河川における水位及び流量の縦断変化を把握することができる。よって、本モデルを用いることで、合流、分流している河川網に対して、低水から洪水ピーク流量の流れに対して、任意の地点で流量、水位など予測することができる。これは、洪水流、感潮河川流れなどの評価に不可欠である。当モデルは、河川網システムの各河川の流下能力の検討、氾濫などによる災害防止の検討などに活用することができ、河川の治水・利水計画に対して非常に有効なツールであると考えられる。

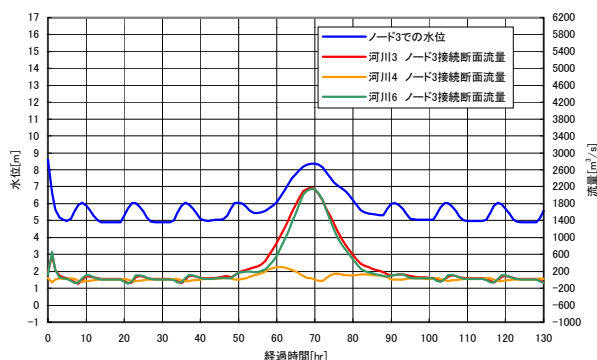


図5 ノード3に接続の3断面での流量ハイドロ

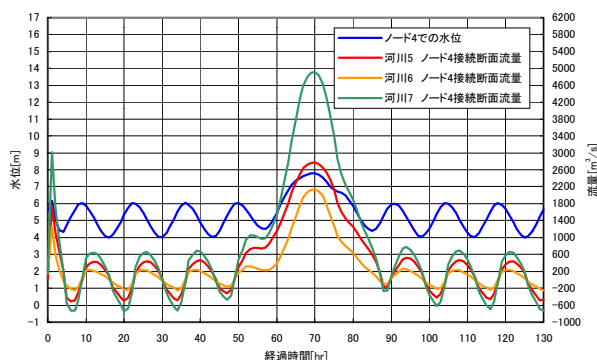
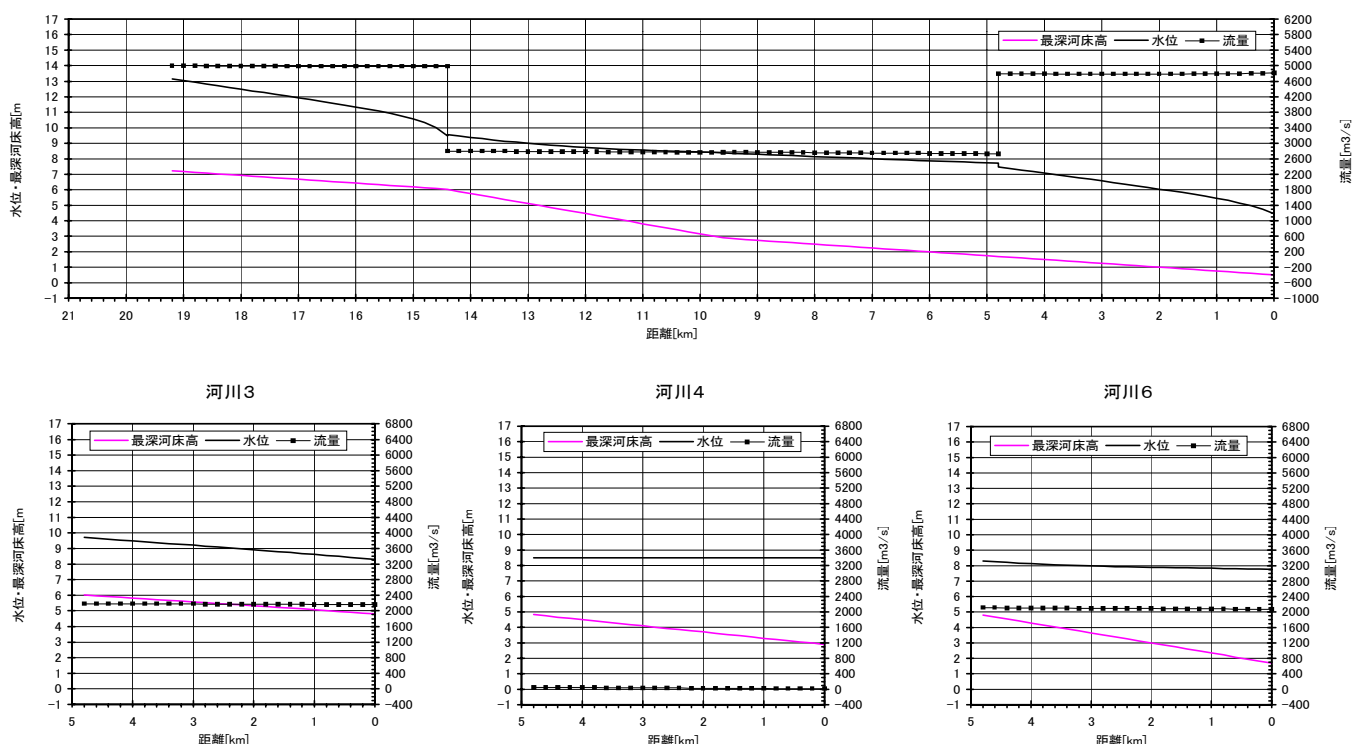


図6 ノード4に接続の3断面での流量ハイドロ

図7 上流端でピーク流量（ $5000\text{m}^3/\text{s}$ ）の時の水位、流量縦断図

6. おわりに 分・合流点において流量の連続性とエネルギー保存を厳密に考慮し、河川網システムを対象とする一次元不定流解析モデルを構築した。河川網における時間的、空間的変化する水位、流量のシミュレーションに適用し、各河川・ノードでの分流比の時間的な変化などを合理的に予測できることが判った。よって、当モデルは、河川の治水・利水計画に対して非常に有効なツールであると考えられる。今後は、河川分・合流の角度によって生じるエネルギー損失の違いなどを厳密に検討し、モデルの信頼性および精度向上に工夫する。

参考文献 1)建設省土木研究所：河川ネットワークによる都市機能の向上 ―水路網の実態調査結果―