

II-146

非構造格子を用いた氾濫解析法

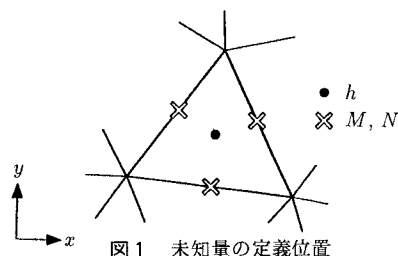
京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 川 池 健 司
 京 都 大 学 防 災 研 究 所 正 会 員 井 上 和 也
 京 都 大 学 防 災 研 究 所 正 会 員 戸 田 圭 一
 京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 山 上 路 生

1. はじめに 都市域において、洪水や高潮などの外水氾濫が生じた際の対策を講じるにあたっては、まず氾濫の状況を精度よく予測することが重要である。しかし、都市域には道路や建造物のみならず、中小河川が存在し、さらに河川堤防や連続盛土など氾濫水に影響を及ぼす要素が数多く存在する。そこで本研究では、これらの影響を考慮することのできる都市氾濫解析モデルとして非構造格子を用いた氾濫解析について検討し、氾濫解析法の高度化を試みる。

2. 氾濫解析手法 非構造格子を用いる利点は、主に、形状の複雑な計算領域でその形状に即した格子形成に適していること、また領域内において計算上の重要度に応じて格子の大きさを変化させることが可能であることなどである。都市域での氾濫解析においても、中小河川から氾濫水が排水されたり、河川堤防や連続盛土によって氾濫水の伝播が遮断されることが考えられるが、これらの形状は、従来から用いられている四辺形を基本とした格子では必ずしも適切に表現できるとは限らない。以上の点を考慮して、本研究では対象領域を任意形状の格子に分割することのできる非構造格子を用いた氾濫解析を試みる。

本研究で用いた氾濫解析法は図1に示すように、水深を格子の図心(本研究では多角形の重心)で、流量フラックスと流速を多角形の辺の中点で定義し、以下の浅水方程式を基礎式として Leap-Frog 的に計算を進めていく。

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vM)}{\partial y} &= -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2 M \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} &= -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{gn^2 N \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \end{aligned}$$

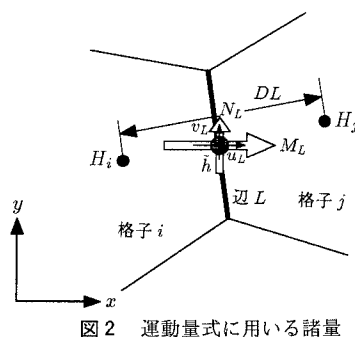


連続式は、図1に示す多角形格子をコントロールボリュームとして計算する。差分式には以下の式を用いる。

$$\frac{h^{n+3} - h^{n+1}}{2\Delta t} + \frac{1}{A} \sum_{l=1}^m \{ M_l^{n+2}(\Delta y)_l - N_l^{n+2}(\Delta x)_l \} = 0$$

運動量式は、例えば格子*i*, *j*にはさまれた格子辺*L*での計算には、図2に示すような値を用いて以下のような差分式を用いる。

$$\begin{aligned} & \frac{M_L^{n+2} - M_L^n}{2\Delta t} + M1 + M2 \\ &= -g\tilde{h}^{n+1}(\nabla H)_x - \frac{gn^2 \frac{M_L^{n+2} + M_L^n}{2} \sqrt{(u_L^n)^2 + (v_L^n)^2}}{(\tilde{h}^{n+1})^{4/3}} \end{aligned}$$



非構造格子, 氾濫解析モデル, 中小河川・連続盛土

〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 TEL: 0774-38-4136 FAX: 0774-38-4147

$$\frac{N_L^{n+2} - N_L^n}{2\Delta t} + N1 + N2$$

$$= -g\tilde{h}^{n+1}(\nabla H)_y - \frac{gn^2 \frac{N_L^{n+2} + N_L^n}{2} \sqrt{(u_L^n)^2 + (v_L^n)^2}}{(\tilde{h}^{n+1})^{4/3}}$$

$M1+M2, N1+N2$ は、運動量式の移流項を置き換えた項である。 $(\nabla H)_x, (\nabla H)_y$ はそれぞれ格子 i, j 間の水面勾配 ∇H の x, y 方向成分である。

3. 利根川流域への適用 非構造格子を用いた氾濫解析の応用例として利根川流域へ適用し、中小河川からの氾濫水の排水および河川堤防、連続盛土の影響を考慮した氾濫解析を試みる。対象領域は利根川、江戸川、荒川に囲まれた埼玉東部と東京都足立区、葛飾区、江戸川区にまたがる領域で、解析格子を図3に示す。

河川という属性を与えた格子は、長方形断面の掘り込み河道とし、堤内地格子との境界には堤防が存在すると考えて越流公式を適用する。河川格子の下流端では、マンニングの公式を用いた等流条件を適用して氾濫水を排出する。河川の水利条件は、河川格子の上流端で洪水時流量を与え続けて、河川格子内の水深が一定値になった時を定常状態とみなして、そのときの水深を初期条件として用いる。また氾濫外力は、カスリン台風の実績降雨から得られる流量ハイドログラフを基に算定された氾濫流量¹⁾を破堤点と同一地点から与える。

浸水開始4日後の浸水深を、中小河川を考慮しない場合、した場合それぞれを図4(a),(b)に示す。これらの図によると、中小河川を考慮した場合は氾濫水の一部が、下流端に到達する前に中小河川から排出されていることがわかる。また、河川堤防によって氾濫水が遮断されている効果も確認できる。さらに中小河川に加えて、図5に示す東北自動車道、JR武蔵野線、国道16号線の連続盛土を河川堤防と同様にして考慮した解析結果のうち、浸水開始4日後の浸水深を図4(c)に示す。この図より、連続盛土によって氾濫水が遮断されていたり、連続盛土を境に浸水深が変化している箇所が認められる。

4. おわりに 本研究で示した非構造格子による氾濫解析の手法を用いれば、氾濫解析において重要な中小河川からの排水や、その堤防、連続盛土を考慮した解析が比較的現実的に即して行うことができる。

謝辞：本研究を遂行するにあたって、数々の資料をご提供いただきました、建設省関東地方建設局利根川上流工事事務所調査課の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献：1) 滝沢正徳・戸田圭一・井上和也・川池健司・村瀬賢：利根川流域の都市域における洪水氾濫解析，土木学会平成10年度関西支部年講，pp.II-120-1～2, 1998.

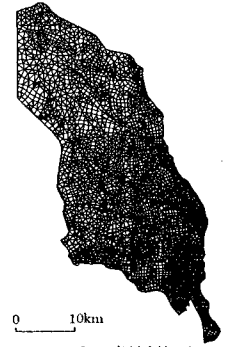
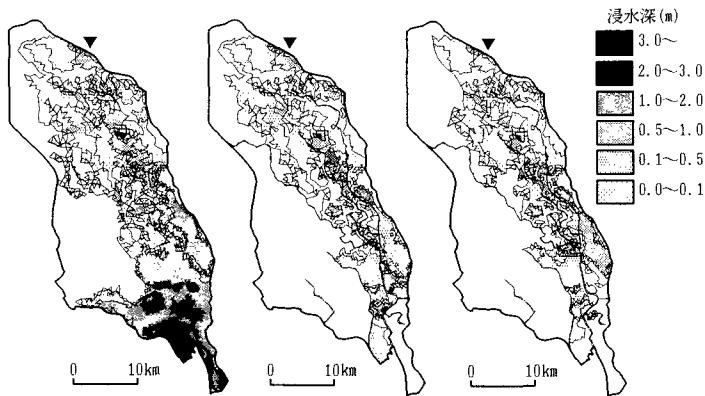


図3 解析格子



(a) 中小河川考慮なし 連続盛土考慮なし (b) 中小河川考慮あり 連続盛土考慮なし (c) 中小河川考慮あり 連続盛土考慮あり

図4 浸水開始4日後の浸水深

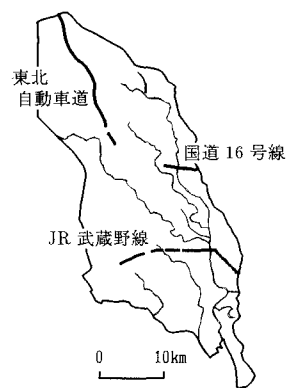


図5 連続盛土