

数値地図を活用し土地利用を詳細に表した非構造格子を用いた氾濫解析

信州大学大学院工学系研究科 ○倉地勇二
 信州大学大学院工学系研究科 島田ゆり
 信州大学工学部 正会員 富所五郎
 信州大学工学部 正会員 豊田政史

1. はじめに

洪水氾濫水の伝わり方は、その地域の土地利用に大きく左右され、特に道路や水路の影響は大きい。道路や水路上の氾濫水の挙動を正確に知ることは、ハザードマップの作成等において、有用な情報となる。しかし、その計算は難しく、特に横断距離の小さな水路はメッシュで表すことが非常に困難で、多くの研究では考慮されてこなかった。本研究では、道路を正確に表現することのできるメッシュを用い、水路を水路上の節点での吸い込み・湧き出しとして評価することにより、道路や水路上でのより正確な氾濫水の挙動を予測し、精度の向上を目指す。

2. 解析方法

本研究では、流れを水平 2 次元と仮定し、流れの基礎方程式の離散化については、空間変数に対しては Galerkin 有限要素法を、時間変数については two-step Lax-Wendroff 法を用いて、非定常解析を行った。また、氾濫水先端の処理に関しては、移動境界条件を導入した¹⁾。また、解析領域の土地利用を表現するために、土地利用を市街地、住宅、水田・畑、果樹園、道路、線路に大別し、土地利用別の粗度係数を各要素に与えている(表-1)。

表-1 土地利用別粗度係数

土地利用	粗度係数
市街地	0.067
住宅	0.040
水田・畑	0.025
果樹園	0.033
道路	0.010
線路	0.020

なお、水路の解析は以下のように行った。

図-1 において、点 $i-1$, i , $i+1$ に沿って水路が存在すると仮定する。点 $i-1$ から点 i に向かって水路を流れる流量は次式となる。

$$Q_{i-1,i} = A_{i-1,i} \frac{1}{n} R_{i-1,i}^{\frac{2}{3}} I_{i-1,i} \left(I_{i-1,i} = \frac{\zeta_{i-1} - \zeta_i}{l_{i-1,i}} \right) \quad (1)$$

ここで、 $Q_{i-1,i}$ は点 $i-1$ から点 i に向かって水路を流れる流量、 $A_{i-1,i}$, $R_{i-1,i}$, $I_{i-1,i}$, $l_{i-1,i}$ はそれぞれ点 $i-1$, i 間の断面積、径深、平均勾配、距離、 n は粗度係数、 ζ_i は点 i の水面上昇量である。水路上の節点での流出入だけを考えると、点 i より水路外に流れ出る流量 $Q_{out,i}$ は、

$$Q_{out,i} = Q_{i-1,i} - Q_{i,i+1} \quad (2)$$

となり、連続の式は、 $Q_{out,i}$ を Δ 関数のように節点 i に集中しているとする、

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial u \cdot d}{\partial x} + \frac{\partial v \cdot d}{\partial y} = Q_{out,i} \quad (3)$$

となる。ここで、 u , v はそれぞれ x , y 方向の平均流速、 d は水深である。

3. 解析メッシュ作成方法

本研究では、国土数値情報を利用し解析メッシュを作成した。まず、数値地図上で解析領域の節点を取り、50m メッシュ標高を用いて節点の標高を内挿し、初期メッシュとした。ここで、道路については、図-2 のように道路の中央と端に節点をとった。道路を横断方向に 3 節点で表すことにより、道路中央の節点(図中の●)が道路の要素のみに囲まれるため、道路

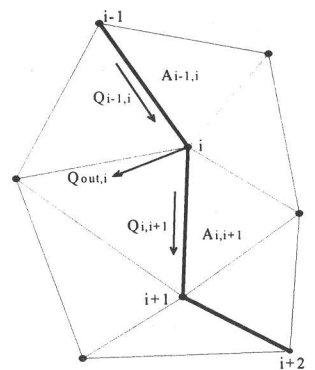


図-1 水路の解析方法

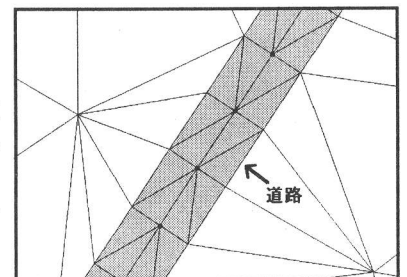


図-2 道路のメッシュ分割

の影響をより正確に計算することができる。また、水路については、水路上に節点をとった。次に、隣接節点の標高差が小さく、また破堤点付近のメッシュが細くなるように、初期メッシュをもとに修正デローニ三角分割法を用いて節点を増やし、解析メッシュを作成した¹⁾。

4. 解析条件

図-3 に解析領域である長野市北部を示す。図中には道路と水路も示した。解析に考慮した道路は横断距離 20m 以上、水路は横断距離 2m 以上である。氾濫流量は、平成 7 年に長野県北部で起きた梅雨前線豪雨のデータをもとに想定した(図-4)。この値に本間公式を利用し、破堤点における水位の初期条件とした。

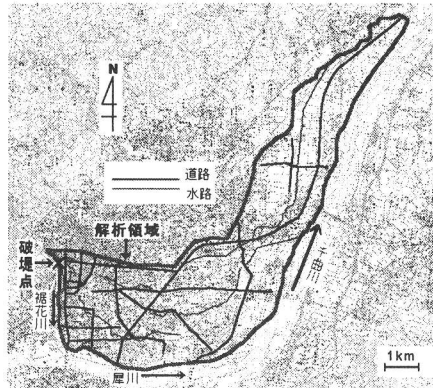


図-3 解析領域

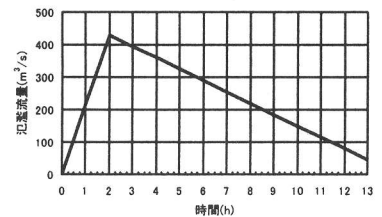


図-4 氾濫流量

5. 解析結果と考察

ここでは、水路を考慮しない場合の破堤開始 2 時間後の結果を示す。図-5 に浸水図を、図-6 に流速コンター図を、図-7 に破堤点付近の流速ベクトル図を示す。なお、破堤点の周りの土地利用は市街地であり、道路の影響がもっとも現れた箇所である。

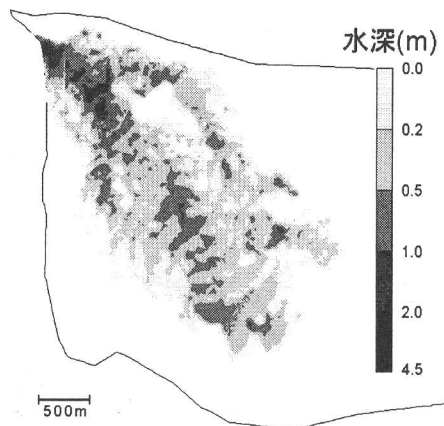


図-5 破堤 2 時間後：浸水図

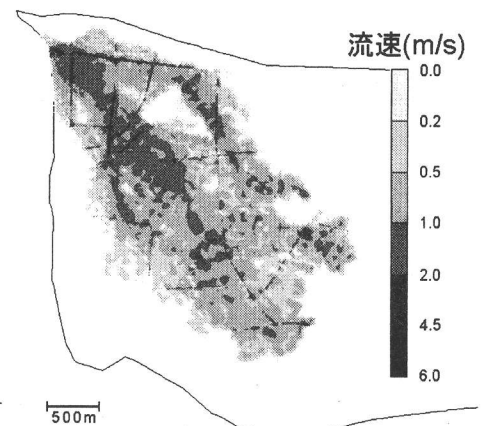


図-6 破堤 2 時間後：流速コンター

図-5 より氾濫水が道路に沿

って伝わっている様子がわかる。また、道路上で周りに比べ、水深が小さくなっている箇所があることがわかる。図-6 より道路上では周りに比べ、流速がきわめて大きいことがわかる。図-7 より道路の中心の流速が大きくなっていることがわかる。このことより、道路を 3 節点で表したことで、道路の影響をより正確に解析できたと考えられる。また、図-5 の道路上で水深が小さくなっている箇所では、氾濫水が道路を横断していることがわかる(図中の○)。道路上では粗度係数が小さいので、氾濫水の慣性力の影響が相対的に大きくなる。このため道路に氾濫水が溜まる前に道路外へ伝わった結果であると考えられる。

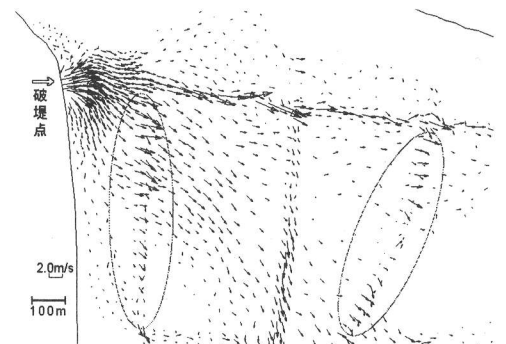


図-7 流速ベクトル

以上の結果より、氾濫水は道路に沿ってきわめて大きい流速で流れることが確認できた。また、氾濫水が道路を横切る箇所では、水深が小さくなることがわかった。

6. おわりに

本研究では、長野市北部を対象領域として、数値地図を活用し土地利用を詳細に表した氾濫解析を行った。その結果、道路上での氾濫水の挙動をより正確に表すことができた。講演時には水路を考慮に入れた解析結果も述べる予定である。

参考文献 1) 富所五郎・谷川勝彦・松本明人：標高を解とした解適合格子を用いた有限要素氾濫解析，水工学論文集，第 46 巻，pp.361-366，2002。