

II-54

氾濫計算による仙台東部域のリスク評価

東北大学工学部 学生員 ○宮城 昌和

東北大学大学院 正会員 風間 聡

東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹

1. はじめに

この研究では、仙台東部地区を対象に洪水リスク評価を行う。仙台東部地区は、内水氾濫の常襲地帯であり、過去に何度も被害をだしている。また、内水氾濫は近年、全国各地でも頻発し、甚大な被害をだしている。例えば、1999年の福岡水害、2000年の東海豪雨災害などである。そのため、2002年に水防法が改正されるなど洪水に対する取り組みが進められている。そんな中、浸水想定区域などの予測のためのシミュレーション開発を行うのは必須であるといえる。対象領域は、水田などの農地が多く、用水路などが多い。本研究では用水路を表現するために、粗度に視点をあてて、内水氾濫のシミュレーションを行い、被害範囲を予測した。

2. データセット

使用するデータの項目は、標高、土地利用、水路（幅、深さ）、排水ポンプ場、降水量である。対象領域の標高は、概ね1m以下の領域であり、また、内水氾濫は数十センチ程度でも被害規模が変わるので、標高はセンチメートルオーダーの精度が必要となる。標高は国土数値情報データでは対応できないため国際航業（株）が作成しているデータを用いた。土地利用データは国土数値情報より得た。水路、ポンプ場データは実測により得た。降雨データは、過去の氾濫（H14）のデータを用いた。これら全てのデータを空間解像度50m精度で解析を行った。

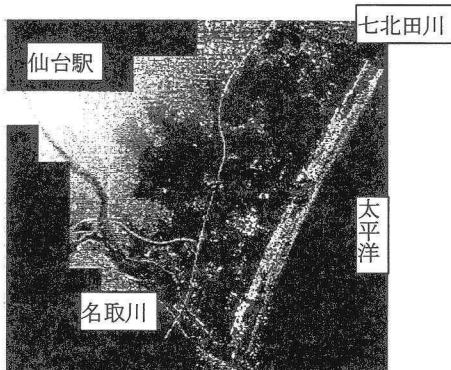


図1 対象領域

3. 氾濫モデル

氾濫流計算には、家屋などの抵抗を考慮した二次元不定流モデルを用いた。式は次に示す。

連続方程式

$$\gamma \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial \gamma M}{\partial x} + \frac{\partial \gamma N}{\partial y} = 0 \quad \dots (1)$$

運動方程式

(x方向) :

$$\lambda \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{MN}{D} \right) + \gamma g D \frac{\partial (D+h)}{\partial x} + \gamma g n^2 \frac{M \sqrt{M^2 + N^2}}{D^{7/3}} + \frac{1}{2} \frac{(1-\gamma)}{B} C_D \frac{M \sqrt{M^2 + N^2}}{D} = 0 \quad \dots (2)$$

(y方向) :

$$\lambda \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{N^2}{D} \right) + \gamma g D \frac{\partial (D+h)}{\partial y} + \gamma g n^2 \frac{N \sqrt{M^2 + N^2}}{D^{7/3}} + \frac{1}{2} \frac{(1-\gamma)}{B} C_D \frac{N \sqrt{M^2 + N^2}}{D} = 0$$

$$\lambda = \gamma + (1-\gamma) C_M$$

ここで、 x : 東向き座標、 y : 北向き座標、 t : 時間、 D : 水深、 h : 標高、 M 、 N : x 、 y 方向の単位幅流量、 g : 重力加速度、 n : マニングの粗度係数、 $(1-\gamma)$: 家屋占有率、 B : 家屋の平均寸法、 C_M : 家屋の付加質量係数、 C_D : 家屋の抗力係数である。家屋は正方形と想定して $C_M = 2.0$ 、 $C_D = 1.0$ とした。 n 、 γ 、 B は土地利用に応じて値を変化させた。

4. 粗度係数の検討

粗度係数は、抵抗を示すパラメータの1つであり氾濫流への重要な要素である。この機構をふまえてモデルに組み込んだ。水深が小さい場合、地表面の凹凸に強く起因するため粗度係数は大きい。ある程度水深が大きくなるとその土地利用による値となる。粗度係数を線形に変化させた。その変化を図2に示す。水路の物理現象をモデル化する場合、1つのメッシュを水路としてそのまま計算すると実現象の表現に問題が生じる。そこで、このモデルでは50メートル単位メッシュを実形状の複断面水路に合わせて、水深と水路幅とメッシュの粗度係数から等価粗

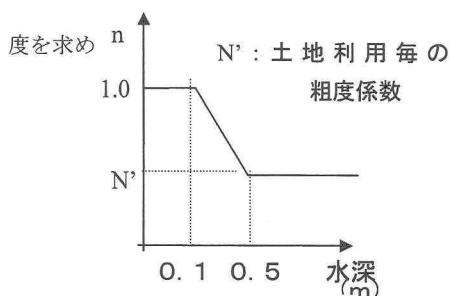


図2 粗度変化グラフ

る理論式を用いた。つまり、水深に応じたより実際に近いメッシュ内の粗度係数を用いることによって高速な計算が可能になる。計算の流れを図3に示す。時間ステップ毎にモデルと実形状を整合し水位変化を考慮して、粗度係数を導いている。図3の時間 t での水位、流量を使用し $t+1$ で使用する n_0 を(3)式で求める。左辺が n_1 と n_2 を使用した場合、右辺が n_0 を使用した場合の流量である。ここで、流速はManning式である。

$$A_2 \frac{1}{n_1} R_1^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} + A_2 \frac{1}{n_2} R_2^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} = A_0 \frac{1}{n_0} R_0^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

ここで、 R は径深 ($R = \frac{A}{b + 2H}$), i は勾配である。

5. 結果および検証

H14年の洪水時の降雨データを用い、初期の水深は0メートルとして計算を行い、解析値と観測値の検証を行った。検証は、蒲生での水深の比較を行った。結果は図4に示す。図4において、解析では、降雨により貯留するため、右上がりのグラフとなる。観測値では、農業などによる人為的な水の流入や流出があると考えられるので、初期の値が大きかったと考えられる。内水氾濫解析では数十センチメートルオーダーの解析が必要であるが、この観点からすると解析値は、概ね再現できたといえる。また、土地利用を考慮した被害規模を評価した。農地では農作物被害、市街地では床上、床下浸水と被害を分けた。その結果を図5に示す。農作物被害が荒浜の西側に集中していることがわかる。

6. まとめ

仙台東部地区において、内水氾濫シミュレーションを行い、被害規模をシミュレートした。この結果をもとに、効果的な防災対策を考えることが今後の課題である。

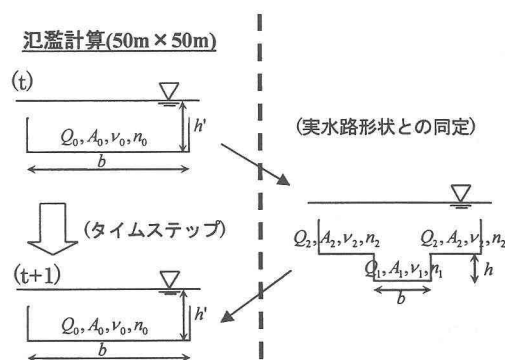


図3 粗度係数計算方法図

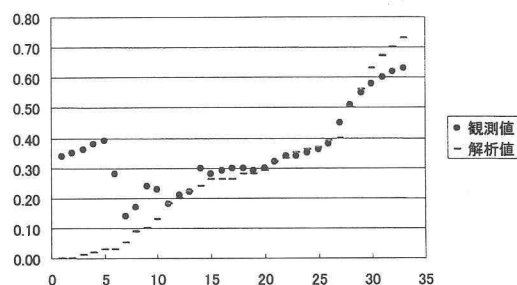


図4 観測値と解析結果

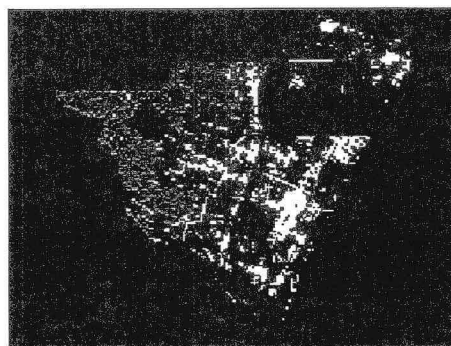


図5 被害結果

謝辞：本研究は国土交通省仙台河川国道事務所と土木学会との共同研究(河川懇談会)の援助を受けた。ここに謝意を表す。

参考文献：1) 風間聡・長尾昌朋・武藤裕則・多田毅：土地利用を考慮した氾濫水理解析と予測，河川懇談会共同研究，平成15年