

土地利用を考慮した氾濫数値計算の名取川左岸部への適用

足利工業大学 正会員 ○長尾 昌朋

1 はじめに

仙台東部地区は、東を太平洋、北を七北田川、南を名取川に囲まれた沖積平野であり、度々内水氾濫に見舞われている。しかも、海岸側に微高地である浜堤列が存在し、水はけが悪く、水害が長期化する傾向がある。また、海岸側に七北田川と名取川を結ぶ貞山運河、名取川河口左岸に井戸浦が存在するため、名取川左岸の堤防は貞山運河との合流部までしか整備されておらず、合流部から海岸までは無堤部となっている。名取川の堤防と貞山運河の堤防には高さに差があるため、大出水の場合には、名取川から越水する可能性もある。洪水の被害を最小限に抑えるためには、正確な洪水氾濫数値計算に基づく防災対策が必要である。そこで本研究では、土地利用と家屋の影響を考慮した洪水氾濫数値計算を行い、この地域の氾濫水の特徴について考察する。

2 土地利用の影響を考慮した基礎方程式

洪水氾濫の再現に用いた基礎方程式は、2次元不定流モデルを基本とした。これに、家屋内に水が流入しないことと流体に家屋の抗力および付加質量力が働くことを考慮した。

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

ここで、 x , y は東、北向きの座標、 t は時間、 h は標高、 D は水深、 M , N は x , y 方向の単位幅流量、 g は重力加速度、 n は地盤のマニングの粗度係数、 C_D は家屋の抗力係数、 C_M は家屋の付加質量係数、 $1-\gamma$ は家屋占有率、 B は家屋の平均的な大きさである。この基礎式を Leap-Frog 差分格子を用いて数値計算した。計算対象領域は、北を七北田川、南を名取川、西を貞山運河、東を仙台東有料道路の範囲とし、東西方向約 7km、南北方向約 10km を 120×220 の計算格子に分割した。名取川の出水により、貞山運河との合流部から越水することを想定し、100m³/s の氾濫流量を与えた。標高データには国際航業（株）が作成している航空機搭載型レーザープロファイラによる標高データ（分解能約 2m、精度約 15cm）を利用し、約 50m の計算格子で平均した。対象領域の標高を図 1 に示す。土地利用に応じた粗度係数を設定するため、図 2 に示す国土数値情報「土地利用メッシュ L03-09M-04」を利用し、農地は $n = 0.060$ 、道路は $n = 0.047$ 、河川は $n = 0.030$ 、その他は $n = 0.05$ とした。さらに、メッシュ内の地表の凸凹を表現するため、水深 0.5m 以下の場合には浅くなるに従って粗度係数を徐々に大きくし、水深 0.2m 以下では $n = 1.0$ を与えた。家屋に関してはレーザープロファイラによる標高データから家屋占有率や家屋の大きさを求め、建物用地に一定の値を与えた。なお、 C_D と C_M はそれぞれ 1.0、2.0 と一定の値を与えた。

3 氾濫流の挙動

名取川と貞山運河の合流部から越水してから 1 時間後の浸水状況を図 3 に示す。この合流部は周囲に比べて比較的標高が高く、内水氾濫を避けるため古くから集落が存在している。しかし、名取川からの越水で洪水氾濫が起こった場合は、避難するための時間が少ないと思われる。越水 2 時間後の浸水状況を図 4 に、5 時間後を図 5

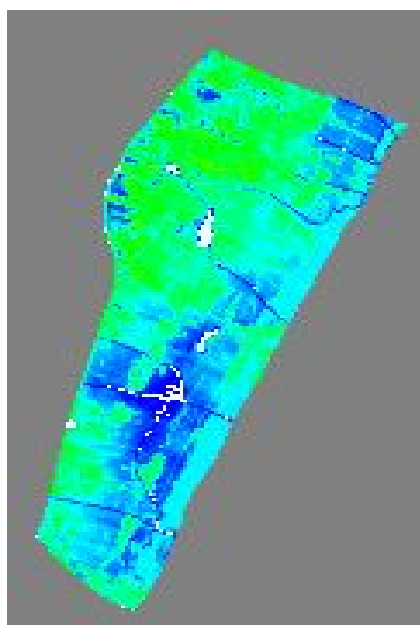


図 1 標高

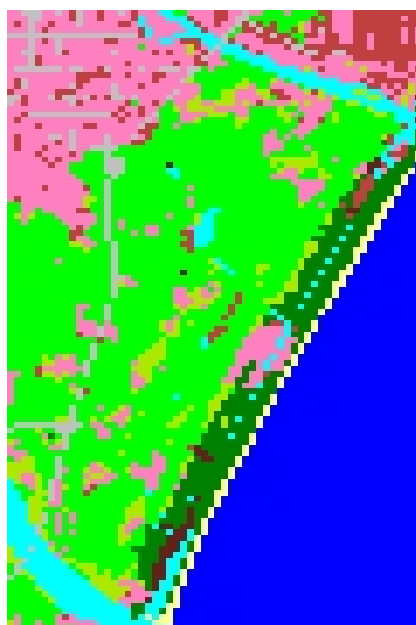


図 2 土地利用

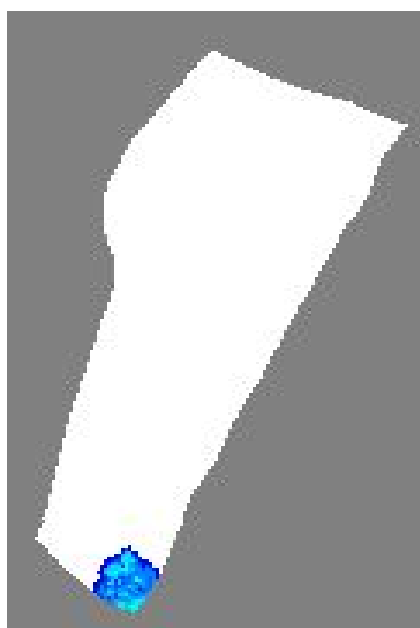


図 3 計算結果 (1 時間)

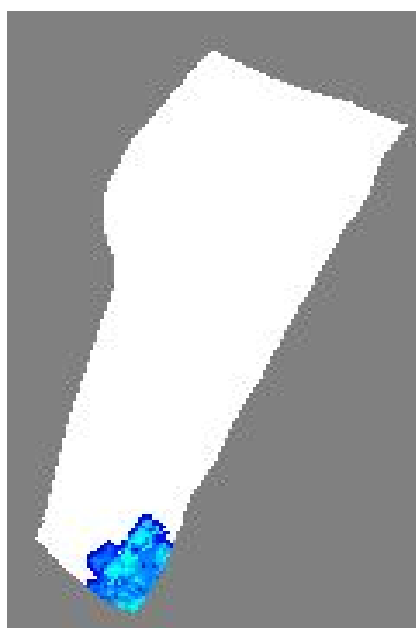


図 4 計算結果 (2 時間)

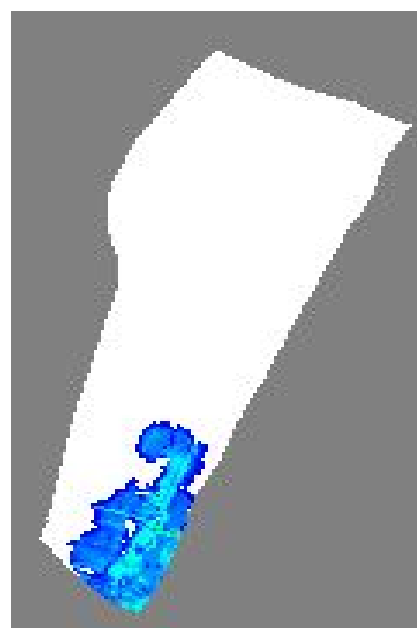


図 5 計算結果 (5 時間)

に示す．低平地に浸入した氾濫水は，途中東方向へ流れる水路を横切って，比較的標高の低い北方向へ広がる．洪水氾濫時には，このような水路から排水機場を経由して氾濫水を貞山運河に排水し，浸水を低減させる．しかし，名取川からの越水の場合は，貞山運河の水位も上昇するため，運用計画で排水できない可能性がある．詳細な洪水氾濫計算に加えて，名取川，七北田川，貞山運河の水位変動も考慮しなければならない．

4 まとめ

仙台東部地区は，仙台都市圏における東西交通軸（地下鉄東西線）の設置が予定されており，都市化が進展すると考えられる．このような地域での防災計画を行う場合，土地利用，家屋，用排水路などの影響を考慮した高精度な洪水氾濫計算手法を開発する必要がある．今回は，やや大きめの計算格子を用い，土地利用や家屋の影響を考慮した洪水氾濫数値計算を行った．今後は，標高データの分解能を生かしたより詳細な再現計算を行うとともに，氾濫水の排水計画，その排水先である貞山運河と七北田川や名取川の関連をも考慮する必要がある．