

家屋の影響を考慮した洪水氾濫数値計算

足利工業大学 正会員 ○長尾 昌朋

足利工業大学 正会員 新井 信一

1. はじめに

近年、都市域での内水氾濫の被害が増加している。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。しかし、現在一般的に使用されている洪水氾濫数値計算では家屋を粗度として取り扱っているため、市街地での再現精度は低いと考えられる。高精度な再現計算を行うためには家屋を水が進入しない空間として、また、流体への抵抗力として考えなければならない。そこで本研究では、昭和 22 年のカスリン台風による洪水氾濫を例として、家屋の有無による洪水氾濫数値計算の影響について考察する。

2. 家屋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。

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

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 はマンニングの粗度係数、 C_D は家屋の抗力係数、 C_M は家屋の付加質量係数、 $1-Y$ は家屋占有率、 B は家屋の大きさである。この基礎式を Leap-Frog 差分格子を用いて数値計算した。計算対象領域はカスリン台風により被害を受けた埼玉県大利根町から東京都江戸川区までの南北方向約 74km、東西方向約 45km の範囲とし、カスリン台風での氾濫流量を与え、破堤後 5 日間の洪水氾濫を再現する。

標高データには「数値情報 50m メッシュ (標高)」を用いた。ここで用いた標高を図 - 1 に示す。氾濫流は利根川、江戸川、荒川を超えないものと考え、図に示す黒線の内側を計算範囲とした。また、土地利用を考慮するため、「細密数値情報 (10m メッシュ土地利用)」を利用した。粗度係数は水理公式集に従い、農地として $n=0.060$ 、道路として $n=0.047$ 、河川として $n=0.030$ 、その他として $n=0.05$ を用い、メッシュ内の土地利用の割合に応じて粗度係数を合成した (図 - 2)。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 以下の場合は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「数値情報 2500 (空間データ基盤)」の建物ラスタ画像ファイルから家屋占有率や家屋の大きさを求め、土地利用との相関式を作成して決定した。図 - 3 に家屋占有率を示す。なお、家屋の大きさは 5m ~ 10m で計算範囲内にモザイク状に分布していた。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. 洪水氾濫への家屋の影響

図 - 4 に破堤後 2 日目の計算結果を示す。埼玉県大利根町で利根川からあふれた氾濫流は埼玉県の東部を中川沿いに南下し、東京都葛飾区まで達している。図 - 5 は比較のため粗度係数を $n=0.060$ と一定とし、家

キーワード 洪水氾濫、シミュレーション、家屋抵抗

連絡先 〒326-8558 栃木県足利市大前町 268 足利工業大学工学部都市環境工学科 Tel: 0284-62-0605

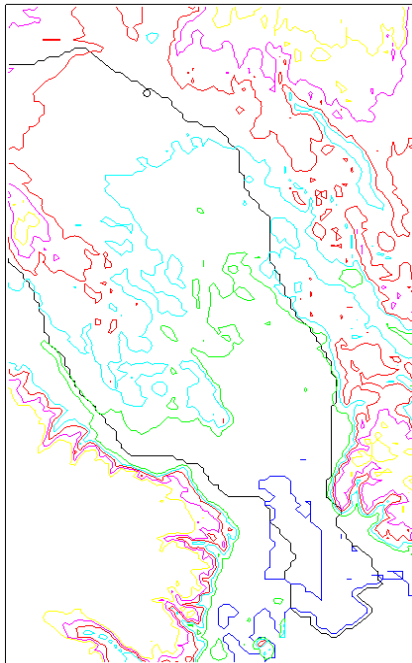


図 - 1 計算範囲と標高
青： 0m , 緑： 5m ,
水： 10m , 赤： 15m , ...
黒丸：破堤地点

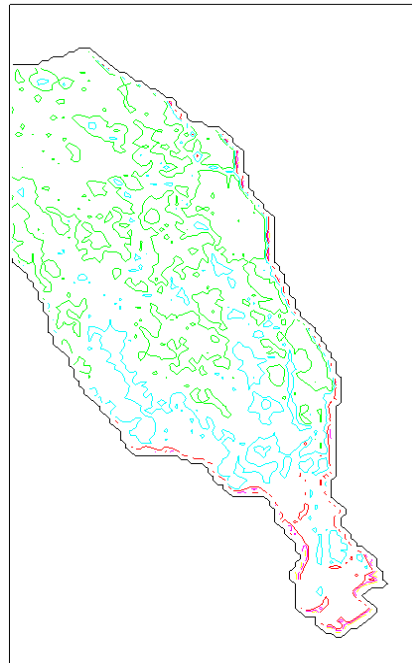


図 - 2 粗度係数
緑： 0.055 , 水： 0.050 ,
赤： 0.045 , ...

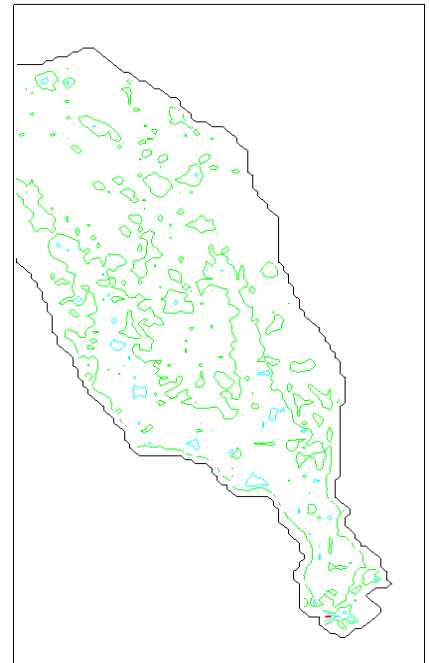


図 - 3 家屋占有率
緑： 0.1 水： 0.2 , ...

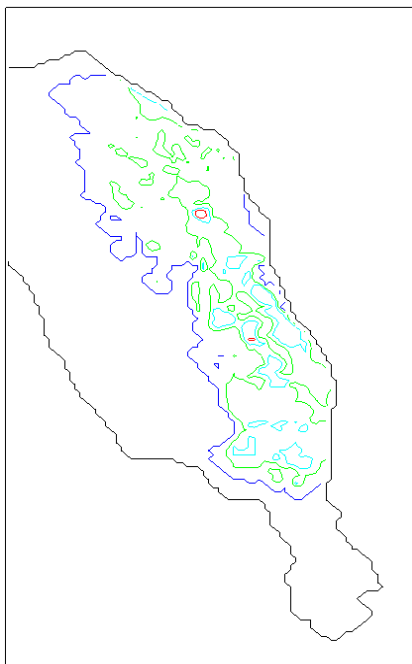


図 - 4 計算結果 (2日目)

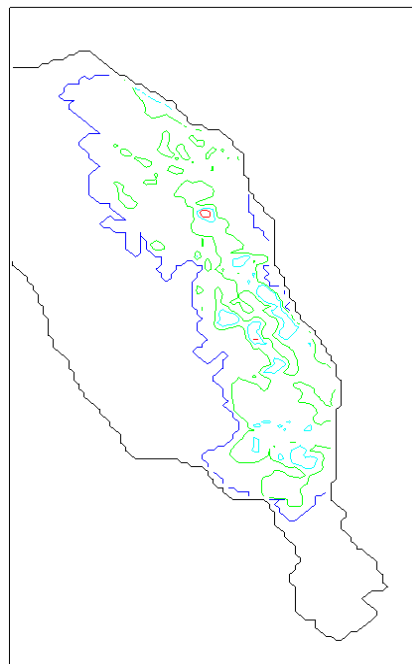


図 - 5 粗度一定 (0.060)

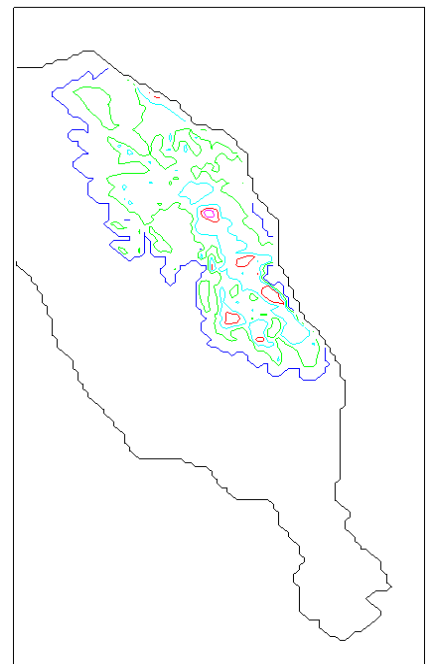


図 - 6 粗度一定 (0.15)

(青： 0m , 緑： 1m , 水： 2m , 赤： 3m , ...)

屋を考慮してない計算結果である．これらを比較すると図 - 4 は粗度係数がやや小さいにもかかわらず，家屋の抗力，付加質量力の影響で氾濫流の進行が遅く，水深もやや大きくなっている．しかし，実際のカスリン台風による浸水状況と比較すると，どちらも氾濫流の進行は非常に速く，図 - 6 に示すように粗度係数を $n=0.15$ 程度にしないと正確な再現はできない．大きな計算格子を使用する場合には，洪水氾濫流がメッシュ内を蛇行すること考えられるので，このような効果も基礎方程式に考慮しなければならないと思われる．