

地形の凹凸が氾濫解析に及ぼす影響の考察

防衛大学校 学生会員 ○富岡 秀吉

防衛大学校 正会員 多田 毅

防衛大学校 正会員 藤間 功司

1. 目的

低平地の氾濫計算では、地形データの精度が解析結果に大きな影響を与えることから、様々な手法で作成された高分解能な DEM(デジタル標高モデル)の利用が進んでいる。また近年、標高値だけでなく地表面の詳細な凹凸が記録された DSM(デジタル表層モデル)データも普及しつつあり、氾濫解析への応用が期待される。しかし、従来は一般的な地表面として扱われていた微細な凹凸が氾濫計算に与える影響について、詳細な検討は行われていない。

本研究では、高解像度の DSM に含まれる微細な地形の凹凸が氾濫解析に与える影響を考察することを目的として、集落および水田における地形の凹凸について検討した。

2. 対象領域

氾濫計算の対象領域は、宮城県仙台平野東部地区である。仙台平野の集落および水田を 400 m×400 m の範囲で抽出した。領域全体はわずかに西側の標高が高くなっており、約 1/2000 程度の勾配を持つ。対象領域の航空写真を図-1,2に示す。

3. 使用データ

本研究では、国際航業のレーザープロファイラにより取得された DSM(空間分解能 2m, 高さの分解能 10cm)を用いた。微細な凹凸のみを抽出するため、各地点で周囲 20m×20m の範囲での最小値をその地点での代表地とする手法により 20m 以下の凹凸を除去した擬似的な地盤高さデータを作成した。次に、元データと地盤データとの差をとることで凹凸を抽出し、さらに西から東に下る 1/2000 の勾配を付加した。また、それらのデータと比較するため平板状の斜面データも用意した。

4. 解析手法

氾濫流の計算は、次に示す2次元不定流モデルを用いた。

$$\text{連続の式} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$x \text{ 方向の運動方程式} \quad \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uM) + \frac{\partial}{\partial y}(vM) = -gh \frac{\partial(z+h)}{\partial x} + gn^2 \frac{u\sqrt{u^2+v^2}}{h^{1/3}}$$

$$y \text{ 方向の運動方程式} \quad \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uN) + \frac{\partial}{\partial y}(vN) = -gh \frac{\partial(z+h)}{\partial y} - gn^2 \frac{v\sqrt{u^2+v^2}}{h^{1/3}}$$

ここに、 x : 東向きの座標、 y : 北向きの座標、 t : 時間、 h : 水深、 z : 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である。これらの基礎方程式を有限差分法により、差分化して計算を行う。また、氾濫流の先端の水深に対しては、限界水深法を適用している。格子形状には 2m×2m のメッシュサイズのスタッカード格子を用いた。境界条件として、領域の西側境界全域 400m に平均水深が 1.0m となるような水位を与えることで氾濫水をゆるやかに流入させる。南北境界では流出入が無いものとし、氾濫水が東側境界に達するまでの間の計算を行った。



図-1 対象領域(集落)



図-2 対象領域(水田)

キーワード 氾濫解析 DSM レーザープロファイラ

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL046-841-3810

5. 計算結果

凹凸のない平板状地形において西端から流入した氾濫水が東端に到達するまでの時間は 140 秒であった。その時点でのそれぞれの地形での浸水域を図-3に示す。水田および集落では凹凸に阻まれ氾濫水が東端まで到達していないことがわかる。いずれの地表面においても流入流量は時間とともに減少するが、凹凸の激しい地表面ほど減少が著しい(図-4)。そのため、領域に流入した総量も、平面、水田、集落の順で少なくなっており、到達点までの距離以上に地表面による差が大きい(図-5)。一般に、このような地物の凹凸の影響は、粗度係数、抗力係数、家屋占有率などによってモデル化される。実際、平板の粗度係数を増大させることで、DSM の水田と同様の結果を得ることができた(図-4, 5)。しかし、集落では粗度係数のみの調整で傾向を性格に再現することは困難であった。

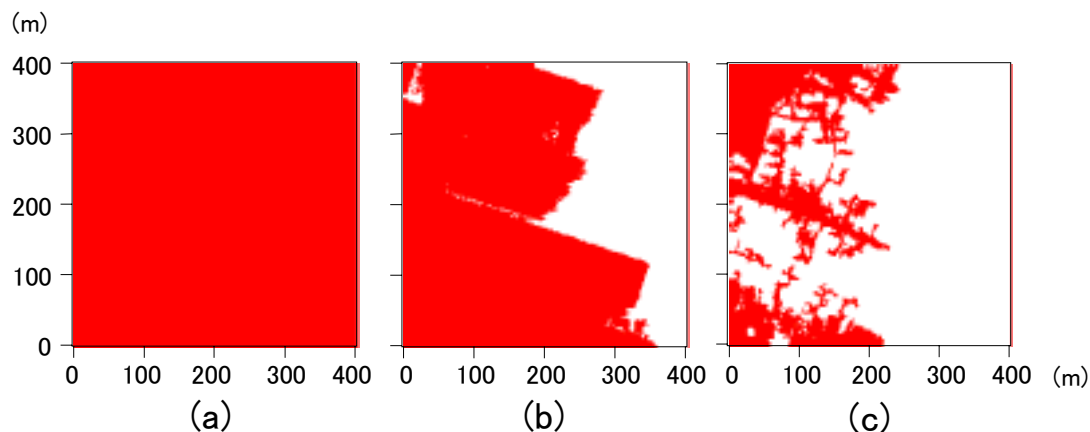


図-3 計算開始より 140 秒後の浸水域((a)は平板, (b)は水田, (c)は集落, 粗度係数はいずれも 0.03)

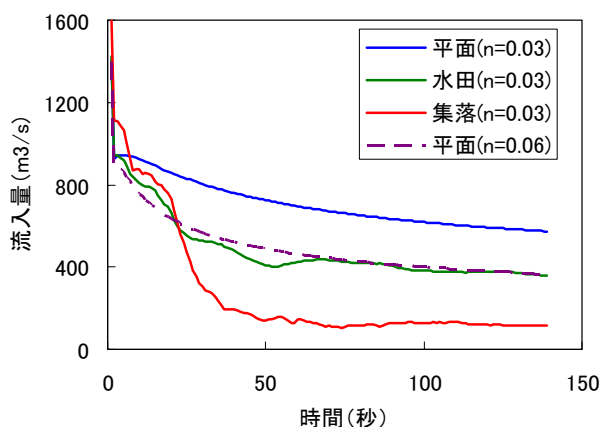


図-4 流入流量の時間変化

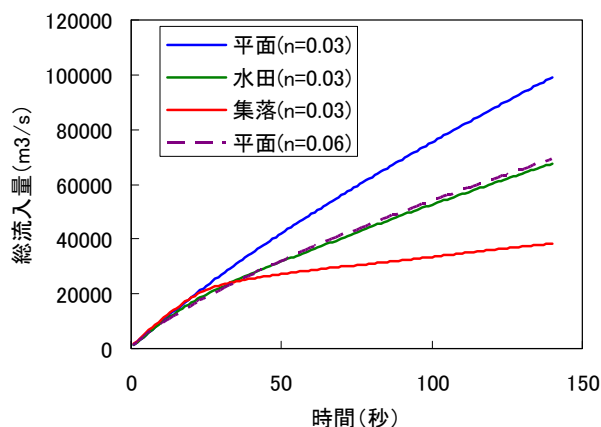


図-5 総流入量の時間変化

6. まとめ

高解像度の DSM データを氾濫計算に利用するための準備として、水田および集落の微細な凹凸のみを DSM から抽出した仮想的な緩勾配斜面を作成し、DEM に含まれない微細な形状が氾濫計算に与える影響について考察した。その結果、浸水域の進行速度ならびに流量に大きな影響を与えること、水田程度の凹凸であれば粗度係数のみで影響を再現することが可能であることが確認された。

参考文献

- ・ 井上和也他:都市域における氾濫解析モデルに関する研究, 水工学論文集, 第 43 巻 pp. 533-538, 1999
- ・ 細山田得三他:微細な地形標高を考慮した都市型中小河川の氾濫数値計算, 水工学論文集, 第 46 巻 pp. 253-258, 2002
- ・ 中川一他:都市域を対象とした洪水氾濫模型実験と解析, 水工学論文集, 第 48 巻 pp. 571-576, 2004
- ・ 重枝未玲他:市街地構造を考慮した氾濫解析モデルの総合的な検証水工学論文集, 第 48 巻 pp. 577-582, 2004