

洪水氾濫解析への高分解能地形データの適用

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 重村 利幸

1. 目的

低平地の洪水氾濫解析において重要となるものは、到達時間、水深、到達範囲である。しかし、分解能が低い地形データであると、これらの要素に大きな誤差が生じる。特に、到達範囲において大きな誤差が生じることとなる。そのため、低平地の洪水氾濫解析では、高分解能な地形データが必要となる。しかし、現在の所、高分解能な地形データを用いて解析する手法はまだ確立されていない。今研究では、高分解能な地形データを、従来の手法を用いて氾濫解析できるように加工を行う。その加工したデータを用いて氾濫解析を行うことにより、高分解能な地形データの特性を把握し、高分解能な地形データの最適な使用法を模索するための資とする。

2. 対象領域

対象領域は、仙台市にある仙台平野の東部地区とする。仙台平野は南北を山地で挟まれ、北上川・阿武隈川等の本流に沿った低地帯で構成される。その中で東部地区は、東を太平洋で北と南を七北田川・名取川で囲まれた沖積低地であり、水害の危険度の高い所である。また、仙台平野は、このように沖積平野の低平地であり、また地層が豊潤な水分量を含有している。その特性により、ひとたび浸水が発生すると、その排除に長時間を有する地形となっている。現在、この仙台平野の東部地区では、浸水しやすい土地の耐水化と排水機能の向上を検討中である。

3. 解析データ

現在、高分解能な地形データの一つとして、レーザープロファイラにより作成されたDSM(デジタル表層モデル)、DEM(デジタル標高モデル)と呼ばれる地形データが存在する。レーザープロファイラとは、上空から地上に向けてレーザーを照射することにより、地表面との距離を測定する方法である。DSMは、大地の表層の高さのデータであり、その地面の上に存在する建物等の地物の高さや標高を合わせたものになる。DEMはそのDSMを加工することによって得られる標高データである。つまり、建物等の地物の高さが含まれている点がDSMの特長である。これらの高分解能な地形データを作成している会社は数社存在し、様々な解像度のDSM、DEMが存在している。様々な会社の様々な解像度のDSM、DEMが存在する中に、国際航業の作成したDSM、DEMがある。国際航業の作成したDSM、DEMは、水平±30cm、高さ±15cmの精度を実現している高分解能なデータである。この解析では、国際航業の作成したDSM、DEMを用いた。

高分解能な地形データを用いて洪水氾濫解析を行うため、これらのレーザープロファイラにより作成された

キーワード 氾濫解析 数値解析 高分解能DEM

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 TEL 046-841-3810

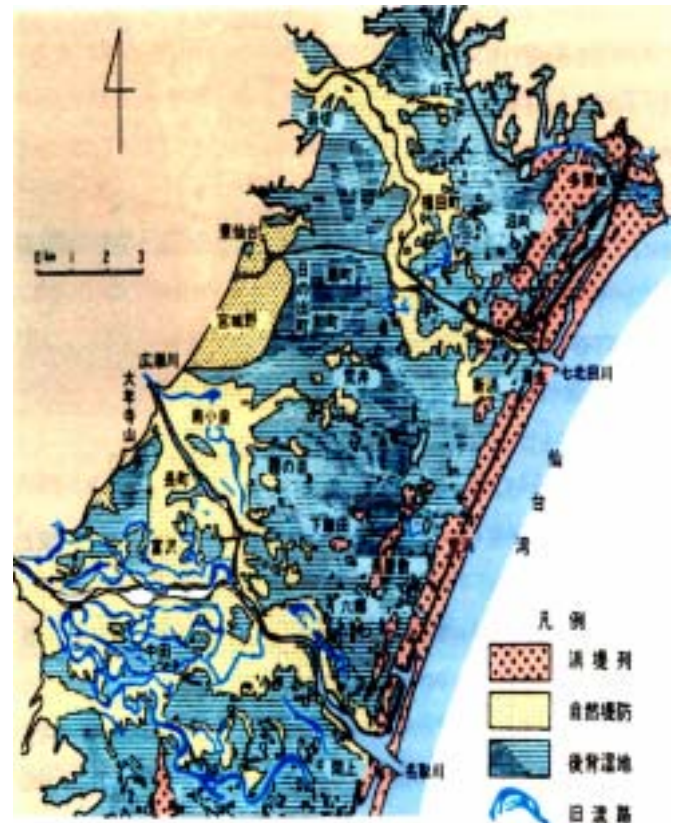


図-1 仙台東部地区における微地形

DEM, DSMを解析に用いる。低平地における洪水氾濫を解析する場合、建物等の地物が及ぼす解析への影響は重要である。そのため、地物の高さが含まれているDSMのデータを用いて洪水解析を行うことは現実の地形に氾濫が起こった場合の状況をより再現できるのではないと思われる。

4. 解析手法

低平地における洪水解析を行う上で、建物等の地物が及ぼす解析への影響は大きなものとなる。そのため、解析手法について述べる場合、様々な着眼点が存在するが、建物等の地物が及ぼすについて特に述べる必要がある。

建物等の地物の影響を考慮する手法の一つとして、格子内に存在する地物の影響を考慮して粗度係数を変えることにより地物の影響を再現し、格子内に占める建物の内部には流体が侵入しない、または、流入量に変化すると考え、家屋が占める範囲を家屋占有率として計算に考慮させる手法がある。この手法は現象を再現しやすいと考えたため、解析に用いた。

具体的に実施する内容としては、標高のデータであるDEMと表層のデータであるDSMを組み合わせることにより、地物の高さ及び形状を求める。また、地形利用データからこれらの地物の種類も把握できる。これらの地物の高さ・形状及び種類のデータにより、格子内の粗度係数を与える。次に先ほどの地物の高さ・形状及び種類のデータを用いて、格子内を占める家屋の占有率を求める。格子内に占める建物の内部には流体が侵入しないと仮定して、格子内に侵入できる水流の領域を求める。このようにして地物の影響を再現する。しかしながら、地物の高さ・形状及び種類のデータにより、格子内の粗度係数を与えることについては、明確な定義された数値は確立されていない。そのため、格子内に最適な粗度係数を与える為には、試行錯誤が必要となった。

流れには2次元不定流モデルを用いた。基礎方程式は以下の通りである。

連続の式

$$\gamma \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial \gamma M}{\partial x} + \frac{\partial \gamma N}{\partial y} = 0$$

x方向の運動方程式

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

y方向の運動方程式

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

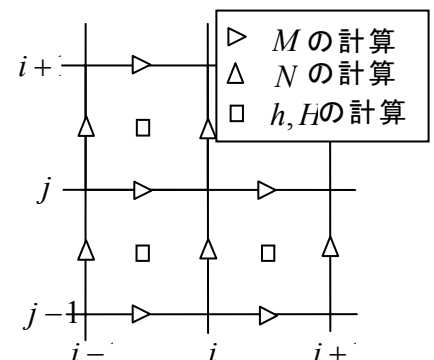


図-2 計算格子

ここに、 x ：東向きの座標、 y ：北向きの座標、 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 ：マンニングの粗度係数、 $(1-\gamma)$ ：家屋占有率、 B ：家屋の平均寸法、 C_M ：家屋の付加重量係数、 C_D ：家屋の抗力係数、 λ ： $\lambda = \gamma + (1-\gamma)C_M$ である。

これらの基礎方程式を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、限界水深法と仮想水深法を適用し、格子形状に対しては、スタカード格子を用いた。要素の位置は図-2の通りである。

5. まとめ

洪水氾濫の解析を行う上で、高分解能な地形データが必要となる。そのため、レーザープロファイラにより作成されたDEM, DSMを解析に用いた。DSMには、建物等の地物の高さが含まれており、それを生かす解析を行った。今後の課題として、解析を繰り返すことにより、解析をする上で発生する問題点を解消し、高分解能な地形データを最大限に生かす方法を検討する必要がある。