

## 非構造格子モデルによる氾濫解析

国土交通省 国土技術政策総合研究所 正会員 舘 健一郎

### 1. 検討の背景

現在、実務で一般的に行われている氾濫解析では、デカルト座標系による直交格子（一辺長さが一定の四角い格子）が用いられている。この方法の長所はデータの作成が容易でモデルも簡便な点である。しかし、都市部の水害対策のためには、実条件をより精緻に再現できる解析手法の適用が望まれている。例えば、浸水の被害予測や避難等の緊急対応計画のためには、地区毎の浸水域、浸水時間の分布を正確に予測する必要があるし、地下施設の被害の有無を判定するためには、数センチ程度の精度の浸水深分布を把握する必要がある。このような解析を直交格子で行うためには、格子の大きさを非常に小さくしなければならないが、解析領域全体を一様に小さな格子で分割するのは合理的ではない。

非構造格子では、上記のような直交格子の短所を補うことができる。解析領域の地形形状や領域内の地物（堤防や道路）に応じた格子分割が可能となり、場所毎に要求される精度に応じて格子の大きさを変えられるので、効率的な計算が可能となる。しかし、入力するデータの作成に労力がかかるうえ、高分解能、高精度な格子の作成に必要な高密度、高精度な標高データの取得も困難だったため、非構造格子が実務で用いられることは稀であった。

近年、氾濫解析の周辺技術の進歩は著しく、デカルト座標系の直交格子以外を利用したモデルの導入を可能とする環境が整えられつつある。LiDAR (Light Detection and Ranging) 等の技術により、高密度、高精度な標高データを安価に取得することが可能となったこと、コンピュータの高速化、記憶容量の増大により、細密な格子分割による解析が可能となったこと、GIS 及び GIS とリンクしたソフトの一般化により、氾濫解析の入力データの作成や結果の分かりやすい表示が容易に行えるようになったこと等である。

### 2. 検討内容

家屋等が存在する場所での氾濫解析に非構造格子を用いたモデル適用することを試みた。この作業を通じて、非構造格子モデルの氾濫解析への適用性を検討した。作業を通じてモデルの適用の容易さ（データ入手、入力データ作成、モデル運用）を把握するとともに、格子分割方法の違いによる計算結果の差を比較した。比較したのは直交格子（50m×50m）及び建物の存在を考慮した非構造格子による格子分割である。

検討には非構造格子による水理解析モデルである UnTRIM モデル<sup>1)</sup>を用いた。UnTRIM モデルは半陰形式の有限差分法を用いており、高速かつ安定した解析が可能である。

### 3. 解析対象地域と格子データの作成

A地域の東西400m強、南北800m強の範囲（図-1）を対象として検討した。対象地域の土地利用は水田及び住宅である。特に解析範囲の東側には住宅が密集している。地形は平坦だが、水田部分の標高が低く、家屋周辺の盛土部分の標高が高くなっている。

50m×50mの直交格子（MESH-1）と、建物の存在を考慮した非構造格子（MESH-2）を作成した。MESH-2の作成には格子生成ソフト ArgusONE を用いた。このソフトは、標高点データに加え、格子分割する範囲を示すポリゴン及び格子分割を補助するための線のデータを与えれば、自動的に非構造格子が作成される。そこで、それらのデータを GIS ソフト（Arc View GIS 3.3 for Windows）で作成し、ArgusONE に取り込んだ。作成したのは、解析範囲の外周を示すポリゴン、解析範囲内の建物の外周を示すポリゴン（これらのポリゴンの内部には格子は生成されない）、道路形状（解析範囲北側の国道、解析範囲中央やや南を斜めに横切る道路）を示す線である。これらのデータの作成は、A地域を含む自治体が整備した都市計画 GIS データ（道路や建物を示す線）を参考として作成した。建物の外周を示すポリゴンとして都市計画 GIS の建物ポリゴンデータを直接利用することを試みたが、ポリゴンを構成する線の分割が細かすぎて、格子生成すると極端に細かくなってしまった。そ

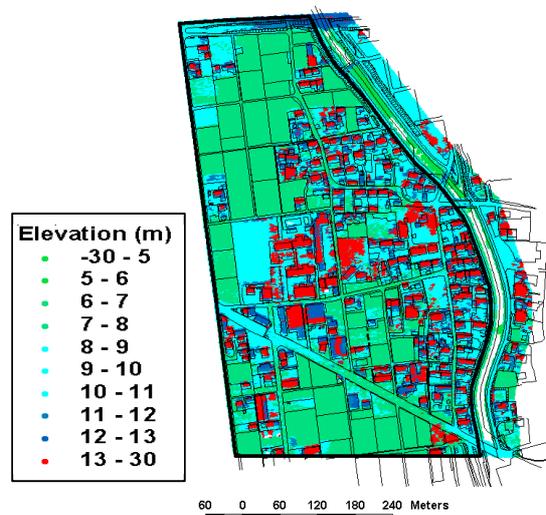


図-1 A地域の標高（LiDARにより計測）

キーワード： 氾濫解析，非構造格子，UnTRIM モデル

連絡先： 〒305-0804 茨城県つくば市旭1 国土交通省 国土技術政策総合研究所 TEL:029-864-2211

ここで、一体と見なせる家屋群を含むような新たな建物ポリゴンを手作業で作成した。

標高点データには、LiDAR で計測されたデータ（約 2.5m に一点）を用いた。

非構造格子の作成作業は極めて容易であった。現在、多くの自治体が都市計画 GIS を整備しており、様々な GIS 地図データが入手可能となってきた。これらのデータを容易に活用できる環境が整備されれば、非構造格子の作成作業の自動化も可能と考えられる。

**4 . 解析結果**

解析範囲の北東の堤防 50m 区間から氾濫水が流入したと仮定し、30m<sup>3</sup>/s の流入量をその地点に与えた。そして、その後 5 時間の氾濫水の移動を UnTRIM モデルで計算した。

計算時間ステップは、平均格子中心間距離を考慮して、直交格子 (MESH-1) では 30 秒、非構造格子 (MESH-2) では 3 秒とした。氾濫原の粗度係数 *n* には 0.05 を一様に与えた。また、解析領域の周囲はすべて高い壁に囲まれているとして、氾濫流の出入りはないものとした。

氾濫開始 0.5 時間後及び 1.0 時間後の浸水深分布を図-2、図-3 に示す。どちらの格子分割でも、浸水到達範囲、浸水深の分布の概略は同じである。標高分布に応じて、部分的に浸水深が深い場所、浅い場所が存在しているが、非構造格子 (MESH-2) の格子分割は直交格子 (MESH-1) より細かいため、より忠実に浸水深分布を再現しているものと考えられる。例えば、住宅が密集している部分（解析範囲の中央付近）では、宅地の盛土よりも道路の標高が低いため、道路上の浸水深が大きくなっている様子が再現されている。また、非構造格子 (MESH-2) では建物の形状を考慮した格子分割をしているため、建物に阻害され、建物の周囲を回り込む流れが再現されている。

直交格子による分割でも、非常に細かく格子分割すれば上述のような現象の再現は可能である。しかし、建物や土地区分の形状を忠実に反映させるのは難しい。建物が密集している様子を再現したり、道路や宅地の小さな盛土等の存在を考慮したりする場合には、非構造格子のような手法は有効であると考えられる。

**5 . まとめ**

検討により得られた結論を以下に示す。

- ・ 市販の GIS ソフト、格子生成ソフトを活用することで、極めて容易に非構造格子を作成することができる。
- ・ 非構造格子を用いることで、建物の存在や地形などを考慮した格子分割が可能となる。
- ・ 非構造格子を用いることで、氾濫流の局所的変化を忠実に再現することが可能である。

**参考文献**

1) Casulli, V., Walters, R.A., An unstructural grid, three-dimensional model based on the shallow water equations, International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol.32, pp.331-348, 2000.

**謝辞**

米国地質調査所 (U.S. Geological Survey) の Ralph Cheng 博士には、UnTRIM の使用に関連してご指導いただいた。記して謝意を表す。

表-1 直交格子 (MESH-1) と非構造格子 (MESH-2) の比較

	直交格子 (MESH-1)	非構造格子 (MESH-2)
格子数 / 格子境界線数	103 / 230	10,567 / 17,204
格子形状	正方形 (50m × 50m)	三角形及び四角形
平均格子面積	2,500m <sup>2</sup>	18.55m <sup>2</sup> (一様な正三角形と仮定して算出)
平均格子中心間距離	50m	4.36m (一様な正三角形と仮定して算出)

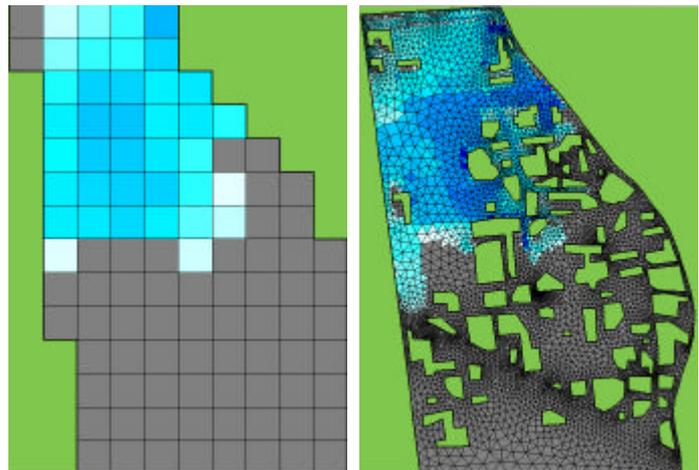
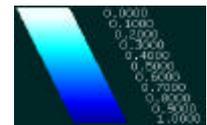


図-2 氾濫開始 0.5 時間後の浸水深分布

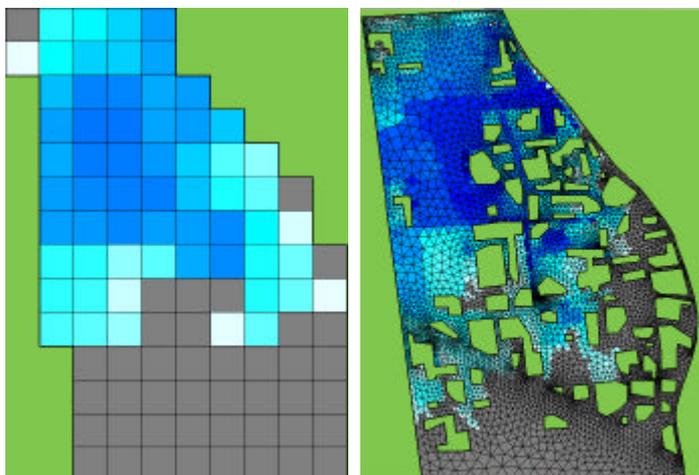


図-3 氾濫開始 1.0 時間後の浸水深分布