

TSRモデルを用いた洪水流出解析結果の可視化について

首都大学東京 都市環境科学研究科 学生員 ○TRAN DUY HAI
 首都大学東京 都市環境科学研究科 正会員 天口 英雄
 首都大学東京 都市環境科学研究科 正会員 河村 明

1. はじめに

都市流域では、雨水が浸透しない建物や道路などの人工的な地物、道路の側溝・下水道等の雨水排水施設など河川に至る流出経路に加え、雨水流出抑制施設などが錯雑に分布し、人工的で非常に複雑な都市特有の流出システムが形成されている。このような都市流域の洪水流出過程をモデル化する手法として、著者らは TSR (Tokyo Storm Runoff) モデルを提案している¹⁾。TSR モデルでは建物や駐車場などを精度よく再現できるポリゴン型 GIS の情報を基に作成した数値データを入力値としている。一方、洪水流出・浸水解析等で一般的に利用されているグリッド型の解析結果の可視化は、データ構造が単純のため比較的容易に行うことができる。ポリゴン型 GIS を用いた TSR モデルでは、浸水深などの解析結果を確認するには、GIS ソフトを用いてポリゴン型 GIS と解析結果との関連付け処理後を必要としている。また、一般的な GIS ソフトでは膨大なポリゴン型データの表示にはある程度の時間を必要としているので、迅速な浸水深の時系列変化の可視化には向いていないものと考えられる。

近年の大規模な科学技術解析におけるデータ可視化には、米国エネルギー省により開発された VisIt (<https://wci.llnl.gov/simulation/computer-codes/visit>), ParaView (<http://www.paraview.org/>)などのオープンソフトウェアが利用されることが多く、これらは可視化ツールキット VTK (<http://www.vtk.org/>)を用いて構築されている。そこで本報告では、TSR モデルを用いた洪水流出解析結果について、ポリゴン型 GIS データを VTK 形式を変換することによる可視化を試みた。

2. VTK を用いた解析結果の可視化

(1) VTK について

VTK は、Kitware 社により提供されるデータの可視化に関連した無償のライブラリである。図-1 は示す VTK によるベクトル形式のフォーマットについて示したものである。VTK では、先ず全ての3次元座標点を定義し、次いでライン、ポリゴン、三角形網の形状を定義した座標点の番号を用いて表現したものである。ポリゴンに対応する浸水深などのデータは VTK ファイルの後半部分に付加をする。

(2) 地表面地物要素の変換方法

VTK ライブラリを用いる場合、座標点やポリゴンの情報を入力値として与える必要がある。TSR モデルで用いた地表面のポリゴン型データ（例えば ESRI 社の shape ファイル）を VTK フォーマットに変換する機能等はないので、以下に示す手順により VTK フォーマットの作成を行った。

先ず、図-2 に示すようにポリゴンを構成する頂点を GIS ソフトウェアを利用して抽出する。抽出された座標値は、例えば図-2(a)のポリゴン⑤の場合、頂点数は異なる座標値を持つ4に、重複する頂点として始点あるいは終点の座標点を加えた5点となっている。また、図-2(a)のポリゴン①の場合、ポリゴン②、⑤および④と接しているので、抽出した頂点（ポイント）データには多数の重複点が存在している。

次いで、得られた頂点データに対して、ポリゴン番号、頂点番号および座放値を属性値として設定し、VTK フォーマットに変換を行う。ここで、頂点番号はポリゴンのある位置から右回りを正として

DATASET POLYDATA

POINTS *n* dataType

p0x p0y p0z

p1x p1y p1z

...

LINES *n* size

numPoints0, *i0, j0, k0, ...*

numPoints1, *i1, j1, k1, ...*

...

numPoints*n-1*, *in-1, jn-1, kn-1, ...*

POLYGONS *n* size

numPoints0, *i0, j0, k0, ...*

numPoints1, *i1, j1, k1, ...*

...

numPoints*n-1*, *in-1, jn-1, kn-1, ...*

TRIANGLE_STRIP *n* size

numPoints0, *i0, j0, k0, ...*

numPoints1, *i1, j1, k1, ...*

...

numPoints*n-1*, *in-1, jn-1, kn-1, ...*

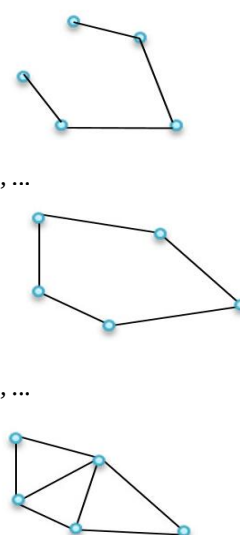


図-1 VTK によるベクトル形式フォーマット

キーワード 地物データ GIS, VTK, ポリゴン, 可視化

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 E-mail : tran-duy-hai@ed.tmu.ac.jp

1からの順番を付加したものである。ポリゴン番号の頂点番号順として最初に登場した座標値を XY_0 および座標点番号を N_0 とすれば、この座標値が他のポリゴン番号のある頂点が座標点番号 N (座標値 XY) と同一であった場合は、座標点番号 N を N_0 に置き換える。以上のルーチンを全頂点データに対して処理することで、VTK フォーマットである図-1に示すポイントデータの座標点およびポリゴンを構成する座標点番号を設定することができる。なお、ポリゴン型データを頂点に変換する GIS ソフトとして ArcGIS(<http://www.esri.com>)、頂点データから VTK への変換には Fortran を利用した。

3. 結果と考察

本研究では、TSR モデルを用いた洪水流出解析結果の可視化についての対象流域として、可視化の試行が適切と考えられる流域面積が約 1km^2 の Palmviken 流域への適用を行う。図-3 は本研究で対象とした Palmviken 流域の概要図である。対象流域は Sweden 南西部のアルビカに位置し、流域面積は 0.92km^2 、流域の土地利用は、中上流部に住宅地、下流部には商業施設が立地している。雨水は全てが雨水管路を通じて Glafs fjorden 湖の Kyrkviken 湾に自然流下している。対象流域の土地利用要素は建物、道路、舗装地、緑地、芝地およびその他の6種別を考慮し、建物以外は手作業により灰色の線で微小分割を行っている。また、雨水管路要素は、管路、マンホール、雨水樹、そして建物の雨水管路への接続有無を現地調査により特定して構築したものである。

雨水管路の下流端条件として設定した湖水位は、計画値の 46.5m である。対象降雨は建物浸水被害を発生させた 2006 年 7 月のイベントで、流域の北部 3km に位置する降雨観測所の 10 分値雨量を与えた。地表面および雨水管路に関する流れの解析は約 0.2 秒間隔で行った。その他の洪水流出解析条件等は、参考文献 1) に記載されているので参照されたい。

図-4 は Kyrkviken 湾への流出量、図-5 は上述の手順により Palmviken 流域の地表面のポリゴン型 GIS を VTK 形式に変換し、地表面の浸水深の結果を結合させたものである。紙面の都合上、計算開始から 40 分時点および 60 分時点での水深を可視化したものである。本研究では、VTK ファイルの表示に前述の ParaView を利用しており、水深変化をアニメーション等により出力することも可能である。

4. むすび

本研究では、TSR モデルを用いた洪水流出解析結果について、地表面のポリゴン型 GIS を VTK 形式に変換することによる可視化を試みた。VTK 形式を用いることで、数値解析結果による浸水深等のデータを作成することに加え、迅速な浸水深時系列の可視化を容易に行えるようになった。今後は、3次元への拡張や雨水・下水道管路の結果についての可視化を検討する予定である。

参考文献

- 1) 天口英雄, 河村 明, Jonas Olsson, 高崎忠勝, 中川直子: 家屋の雨水排水経路を考慮した洪水流出解析モデルの提案と都市小流域への適用, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.71, No.4, pp. I_313-I_318, 2015.

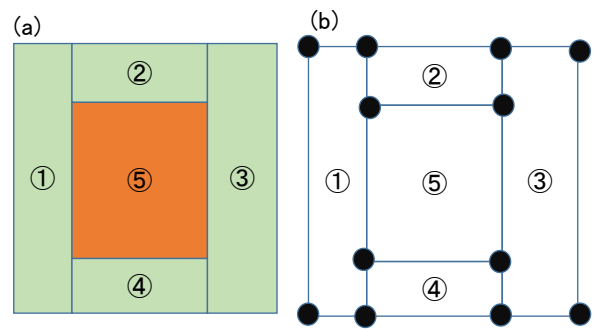


図-2 ポリゴンの変換方法, (a) ポリゴン, (b) ポイント

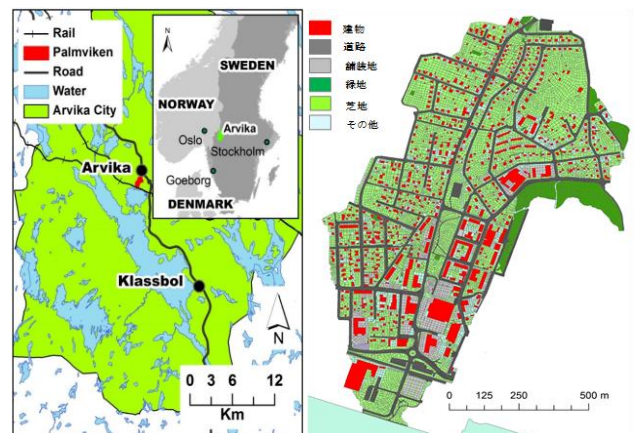


図-3 対象流域の概要(左)と地物データ GIS (右)

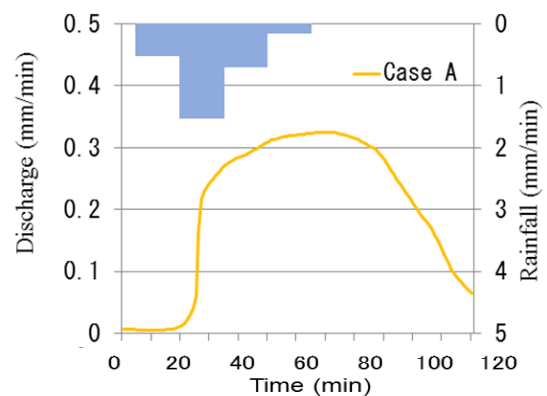


図-4 Kyrkviken 湾への流出量

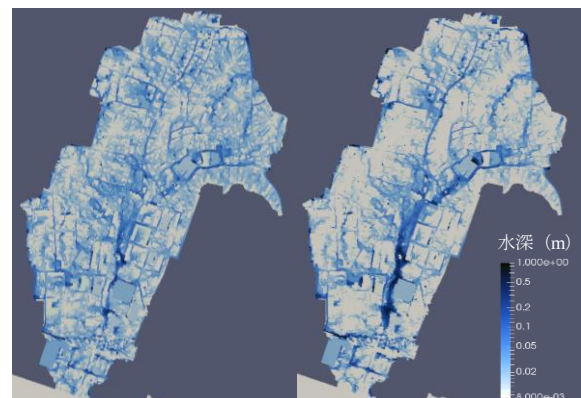


図-5 VTK による浸水深表示 (左:40 分後, 右:60 分後)