

中小河川の水理現象把握のための地形情報の取得手法に関する研究

水圏防災工学研究室 杉本匠
指導教員 細山田得三

1. 序論

近年、日本では豪雨の発生回数は増加傾向にあり、大河川だけでなく中小河川においても洪水の被害が続いている。過去の事例では、令和元年東日本台風（台風19号）による信濃川の増水で新潟県長岡市の信濃川水系にある太田川と浄土川でバックウォーターが発生し、浄土川の氾濫により浸水の被害があった。こうした中小河川の水理現象を把握することは今後の水害対策を考える上で重要となる。しかし、新潟県内だけでも中小河川の河川延長は約4000kmもあるため、数値解析に必要な水位・流量等の水文データや河川縦横断測量データを全河川で管理することは予算的・時間的に困難である。本研究では、中小河川を対象に数値標高モデル（DEM）と別途測量で得た河床標高データを活用して数値解析のための河川縦横断測量データを安価で迅速に作成することで、データ作成時の負担を軽減し、その問題点や課題を明確にすると共に数値解析により中小河川の水理現象を把握することを目的とする。

2. 河川縦横断測量データ作成手法の検討

本研究対象河川の新潟県長岡市太田川で1次元解析を行う為、河川縦横断測量データの作成を行った。

2.1. 数値標高モデル(DEM)

河川縦横断測量データの作成には、国土地理院からDVD版で公開している2mDEMと基盤地図情報ダウンロードサービスから公開している5mDEM・10mDEM、日本域表面流向マップが公開しているJ-FlwDir（1秒DEM）を使用した。

2.2. 河川縦横断測量データ作成

横断測量データの作成位置を決定する為、河道の中心座標を任意で指定し、内挿により等間隔距離になるように調整を行い、中心座標を基に直角方向に横断座標を作成した。その後、DEMと横断座標を基に最近隣法と内挿法を用いて堤防・高水敷・低水路の位置や形状を把握できる横断測量データを作成した（図1、図2）。

本研究で用いたDEMの中には、常時水面下の河床標高を航空レーザー測量で計測できなかった部

分がある為、別途測量で補完する必要がある。その手法としてグリーンレーザー測量やマルチビーム測深があるが、これらは多くの費用を要する為、新潟県内だけでも河川延長が約4000kmもあり年間管理費用が限られている中小河川には用いることはできない。仮に、これらで精度良く測量しても豪雨のたびに河床形状が変化するため精度よく測量する意味があまり無い。そのため、測量精度がある程度低くても安価で迅速に測量できるレーザー距離計（名称：TruPulse）による別途測量を行い、横断測量データの欠測部分を別途測量で得た河床標高データで補完した。例として、2mDEM・5mDEMを基に作成した宮内観測所の横断面で欠測部分の補完前を図3に補完後を図4に示す。次に、1次元解析で重要となる河川縦断方向の堤防高の標高差と河床勾配を把握する為に縦断測量データを作成した。堤防高は横断測量データの左右岸堤防の最大標高値、河床勾配は横断測量データの流心の河床標高を用いた。2mDEM・5mDEM・10mDEM・J-FlwDirの縦断面を図5に示す。

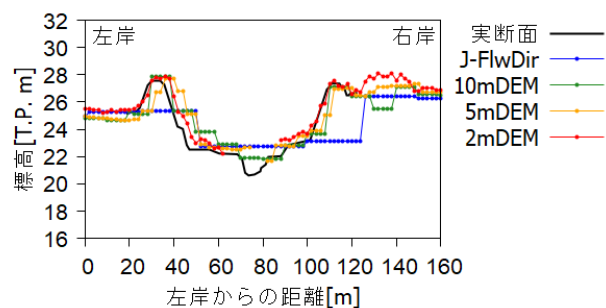


図1 宮内観測所横断面（最近隣法）

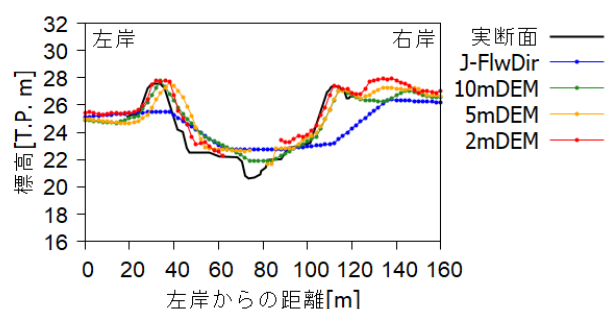


図2 宮内観測所横断面（内挿法）

2.3. 河川縦横断測量データ作成結果

2mDEM・5mDEMを基に数値解析で重要な堤防・高水敷・低水路・河床標高の位置や形状を表示できる河川縦横断測量データを作成することができた。しかし、10mDEM・J-FlwDirはこれらの表示が曖昧もしくは表示ができていないため、縦横断測量データの作成には適していない。特にJ-FlwDirは、堤防などの詳細な構造物を表示するには不十分である。

3. 台風19号通過時の再現計算

令和元年10月台風19号通過時、太田川で発生したバックウォーターについてiRIC-Nays1Dを用いて再現計算を行い、その計算結果と観測水位を比較した。その後、下流側の急激な水位上昇が上流側へ及ぼす影響の把握を行った。

3.1. 計算条件

計算対象区間は図6に示す。信濃川合流点から上流へ約4.5kmの範囲とした。計算格子は横断方向に50分割、縦断方向は91分割、各横断測線間の分割数は無しに設定した。上流端流量は、台風19号通過時の2019年10月12日13時から14日12時までの太田川流域の雨量を基にiRIC-SRMによる流出解析で推定した流量を与えた。下流端水位は、信濃川河川事務所の観測水位を与えた。計算時間は、2019年10月12日13時から14日12時までの48時間とした。マニングの粗度係数は計算領域全体で0.03s/m^{1/3}とした。

3.2. 計算結果

令和元年台風19号通過時における太田川の再現計算の結果について考察する。図7に横断面の位置による水位と流量の時間変化、図8に河川水位の縦断分布及び図8の横断面の位置を示す。図8について、12日20時から13日12時30分の期間で1断面から約60断面（下流側）に注目すると、水位が上昇している間に流量は上流側よりも減少しており、13日12時30分以降は水位が低下すると流量が一時的に増加する傾向にある。以上から、12日20時から13日12時30分までの約16時間30分に太田川でバックウォーターが発生して下流側の河川水が流れにくい状態になっていた。また、13日12時30分以降は水位が低下したことによって堰き止めが無くなり、下流側で滞っていた河川水が通常通りに流れ始めたことがわかった。図8について、13日12時頃に宮内観測所の水位がピークに至ったとき、下流端から宮内観測所までの区間で堤防高と水位の標高差は約4mの余裕があり、堤防から越水するような計算結果にはならなかった。台風19号通過時も太田川は氾濫しなかったことから整合性が取れていることがわかる。

表1に示す計算結果からバックウォーターにより

信濃川の水位変動が太田川1断面（信濃川合流点）から宮内観測所に伝わるのは約10分後になる。しかし、今回の再現計算では、浄土川合流点の流れの計算を考慮しておらず、実際は浄土川にも水位変動が伝わる為、宮内観測所まで伝わる時間は計算結果よりも遅くなると考えられる。

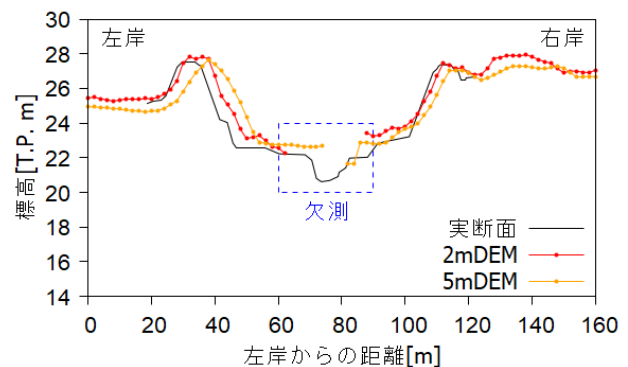


図3 宮内観測所横断面（補完前）

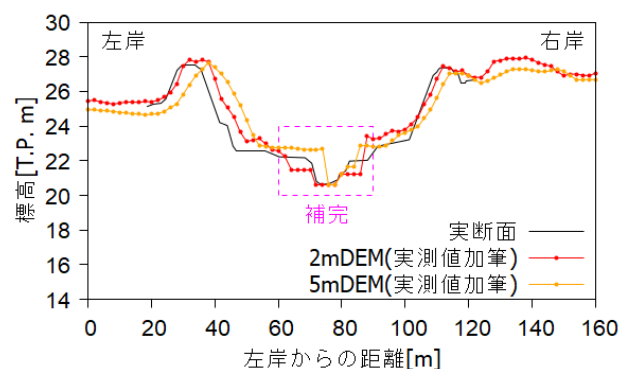


図4 宮内観測所横断面（補完後）

4. 結論

本研究により得られた知見を以下に示す。

- 縦横断測量データの作成は解像度の高い2mDEMが最も適しているが、整備範囲・更新頻度が限定的なので、データが整備されていない場合や現在の河道形状と異なるところは5mDEMで作成する必要がある。
- 10mDEM・J-FlwDirは縦横断測量データの作成は不向きである。
- 横断測量データをiRICに適応させて再現計算をした結果、台風19号通過時に太田川で発生したバックウォーターの特徴を把握することができた。よって、独自の手法で作成した縦横断測量データは実河川の数値解析に有用であることがわかった。
- 台風19号通過時の太田川は、12日20時から13日12時30分までの約16時間30分にバックウォーターが発生して下流側の河川水が流れにくい

状態であった。また、信濃川合流点から宮内観測所までの約2.7kmの区間では信濃川の水位変動が宮内観測所に伝わるのは約10分後である。

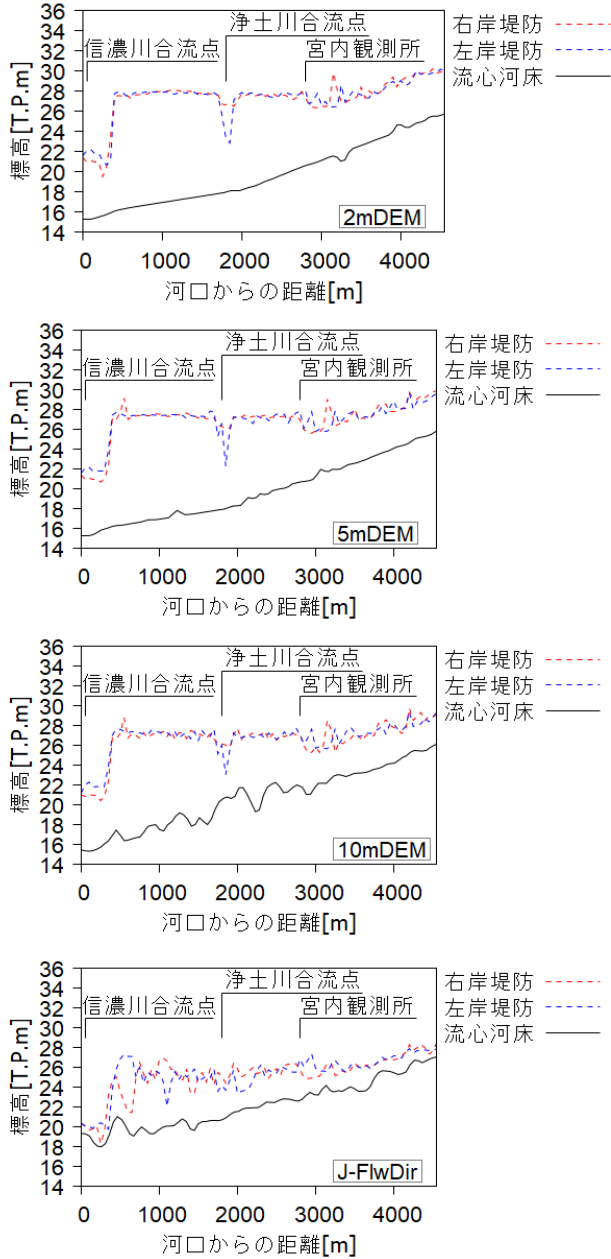


図5 太田川縦断面



図6 計算対象区間

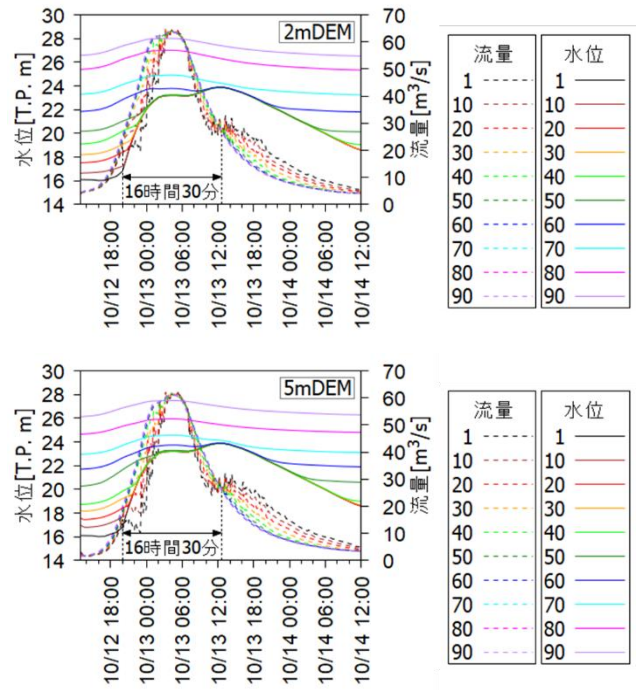


図7 横断面の位置による水位と流量

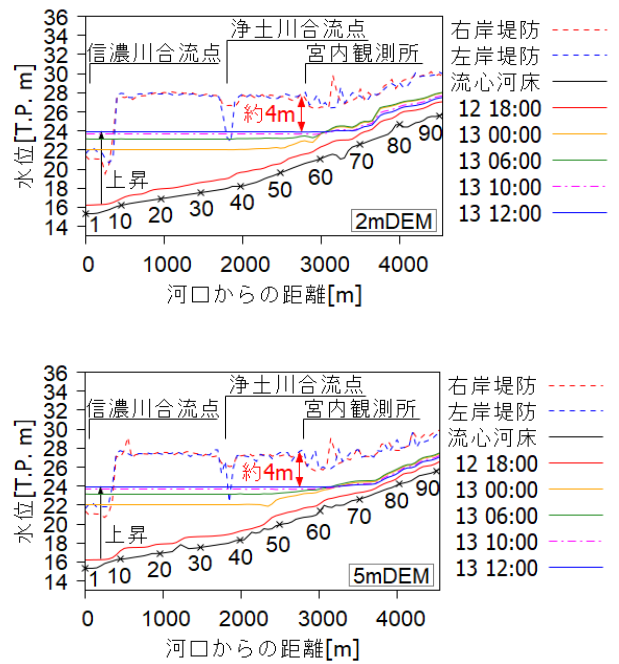


図8 縦断水位分布及び横断面の位置

表1 ピーク水位と時刻

| | ピーク水位[T.P. m] | 時刻 |
|-------------------------------|---------------|-----------------|
| 信濃川河川事務所 (観測値) | 23.87 | 10月13日 12:00 |
| 太田川1断面 (2mDEM・5mDEM) | 23.87 | 10月13日 12:00 |
| 太田川宮内観測所56断面 (2mDEM・5mDEM) | 23.90 | 10月13日 12:10 |

参考文献

- 1) 気象庁:大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化, <https://www.jma.go.jp/jma/index.html>, 最終閲覧日 2023.2.6
- 2) 日経xTECH:台風19号, 水難の教訓
- 3) 新潟県土木部監理課 令和元年台風19号による被害状況について
<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/196457.pdf>, 最終閲覧日 2023.2.6
- 4) 新潟県土木部河川管理課:令和4年度新潟県水防協議会資料, 2022
- 5) 国土交通省北陸地方整備局:令和元年東日本台風北陸地方整備局管内の被害記録
<https://www.hrr.mlit.go.jp/bosai/higasinihontaihuu/newpage1.html>, 最終閲覧日 2023.2.6
- 6) 国土地理院:DEM(数値標高モデル)
<https://www.gsi.go.jp/top.html>, 最終閲覧日 2023.2.6
- 7) メッシュ単位の交流圏の計算手法
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryuu/tnn/tnn0574pdf/ks057408.pdf>, 最終閲覧日 2023.2.6
- 8) 日本域表面流向マップ / Japan Flow Direction Map (J-FlwDir)
<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/JapanDir/index.html>, 最終閲覧日 2023.2.6
- 9) 国土地理院:基盤地図情報ダウンロードサービス, <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>, 最終閲覧日 2023.2.6
- 10) 基盤地図情報(数値標高モデル)で提供されているデータについて
<https://fgd.gsi.go.jp/otherdata/spec/DEMGaiyo.pdf>, 最終閲覧日 2023.2.6
- 11) ユネスコ後援機関 水災害・リスクマネジメント国際センター(ICHARM):降雨流出氾濫モデル(RRIモデル)
https://www.pwri.go.jp/icharm/research/rri/index_j.html, 最終閲覧日 2023.2.6
- 12) 新潟県河川防災情報システム
<http://doboku-bousai.pref.niigata.jp/kasen/index.html>, 最終閲覧日 2023.2.6
- 13) 小規模河川の氾濫推定図作成の手引き
https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/pdf/syokibo_tebiki.pdf, 最終閲覧日 2023.2.6
- 14) iRIC Software <https://i-ric.org/>, 最終閲覧日 2023.2.6