

中小都市河川の欠測河床地形の補正と水理計算

水圏防災工学研究室 竹田 直仁
指導教員 細山田 得三

1. はじめに

近年，日本において施設整備レベルを超えるような豪雨の発生回数が増加傾向にあり，河川整備が不十分な中小河川において特に洪水被害が相次いでいる¹⁾．平成30年7月に発生した東日本豪雨では，岡山県内を流れる高梁川の支流である小田川で堤防が決壊し，倉敷市真備町を中心に大規模な浸水被害が発生した．北陸地域においては，令和元年東日本台風(台風19号)により信濃川の水位が上昇し，新潟県長岡市内を流れる信濃川水系太田川，浄土川において下流から堰上げ背水が上流に伝播するバックウォーター現象²⁾が発生し，浄土川の堤防を越水して周辺地域で浸水被害が生じた³⁾．国が管轄する大規模河川（一級河川）では，定期横断測量など比較的河川管理体制が整っているが，河川延長距離の大部分を占める二級河川ではその膨大な延長距離のために体制が不十分と言わざるを得ない．これら中小河川は，住宅近隣を横断し生活空間に近いところに位置しているため，水害の影響が社会に及び易い．中小河川の水理特性を把握することは今後の水害対策を考える上で必要不可欠である．新潟県内では中小河川の河川延長は4000km以上であり，氾濫解析に必要な水位，河川流量等の水文データや河川断面積等の測量データを全河川において計測・管理することは莫大な費用と時間を要する．

一方，近年においてはこのような問題に対する対策として日本全域を被覆するDEM（日本域表面流向マップ⁴⁾）などが整備され，かつ，点群データ等によるデジタルツインの技術が急速に導入されつつあり，河川水理への適用も進展している．しかしながら，これらのデータには水面下部の河床標高は欠測となっており，その使用には工夫が必要である．

本研究では，水理計算（断面データを用いた1次元計算および平面2次元計算）に必要な河川

横断面分布形状の作成を目指して中小河川を対象に欠測地点を含む数値標高モデル(DEM)から河川縦横断測量データを簡易的に作成する手法を検討した．具体的な対象は2019年の台風19号でバックウォーターが生じた長岡市太田川とした．

2. 河川縦横断測量データ作成手法の検討

本研究の対象河川の新潟県長岡市太田川での水理計算に使用するための河川縦横断測量データの取得および作成を行った．

2.1. 数値標高モデル(DEM)

数値標高モデル(DEM)⁵⁾は，地表面を格子状（メッシュ）に分割し，それぞれの格子の中心点に航空レーザー測量、写真測量、水準測量などの各種測量法で得た標高値を対応させた2次元空間のデータセットである．

DEMは使用目的に応じて解像度や整備範囲が大きく異なり，著しく解像度が低くて水理計算に適さない場合がある．例えば，日本全国を被覆している50mメッシュデータでは堤防や高水敷の形状を表現することができない．そのため，目的に合致したDEMを選択しGISソフトやツールを用いて変換する必要がある．本研究では，基盤地図情報ダウンロードサービス⁶⁾が公開している5mDEMを使用した．

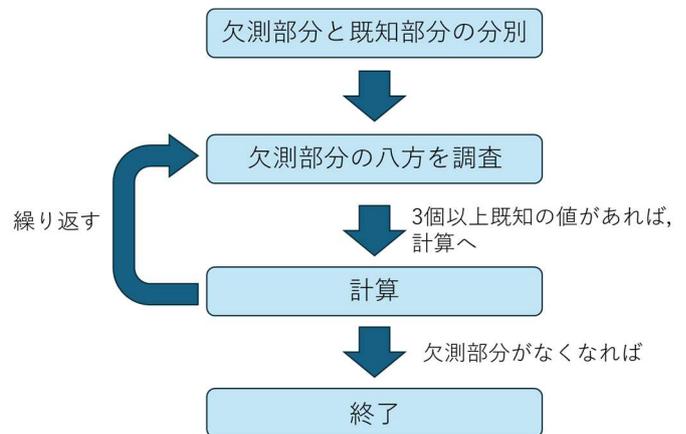


図-1 欠測値補完プロセス

2.2. 欠測部分の補完

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、補完する必要がある。精度良く測量し、補完する方法が1番実断面に近い横断形状となるが日々の河川流の作用や豪雨のたびに河床形状が変化するため高精度測量の価値が時々刻々と低下する。そのため、公開された標高値から横断測量データの欠測部分を補完するアルゴリズムを適用した。その内容を次節で述べる。

2.2.1 補完方法

補完方法をフローで表したものを図1に示し、詳細を次に示す。

①欠測部分と既知部分を区別し、欠測部分を認識させる。

②欠測部分の周囲(タテ, ヨコ, ナナメ)の値を確認し、3個以上値が存在すればそれらの値を基に計算を行う。3個以上とした理由は、用いる値が少ないとそれらの値に依存してしまう可能性があるためである。

③計算は、欠測部分は既知の値より低くなると仮定した上で、周囲の値の距離で重みづけ平均をとり、反復計算の回数に応じて標高を低くするものとした。重みづけは、距離に依存しているためタテヨコの重みを大きくなり、ナナメの重みがやや小さくなる。これを欠測値がなくなるまで反復的に行った。

図2に太田川流域での補完前と補間後を示す。図より、赤色の欠測箇所が無くなっているのが見て取れる。

2.3. 河川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、GISソフトを使用して河川中心線を作成し、プログラムにより等間隔に点を打ち、中心線と点を基に直角方向に横断線を作成した。その後、DEMと横断座標を基に堤防・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。

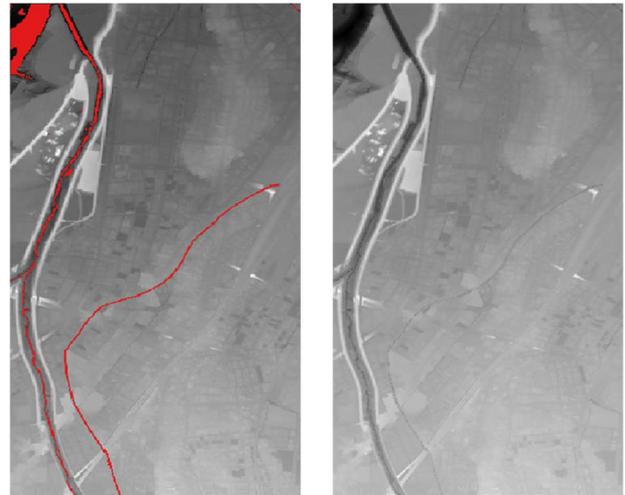


図-2 太田川流域DEM(左:補完前, 右:補完後)

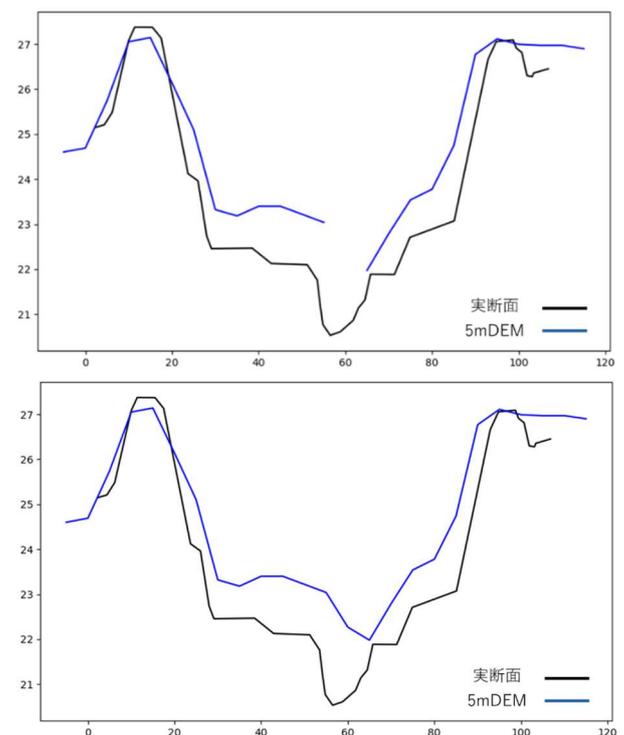


図-3 宮内観測所の横断面図(補完前:上, 補完後:下)

例として、5mDEMと実断面を基に作成した宮内観測所(太田川における新潟県の自動水位観測点)の横断面で欠測部分の補完前と補完後の比較を図3に示す。この横断面図より都市の中小河川においても複断面的な形状となっていることがわかる。5mDEMでは氾濫解析や洪水追跡で重要な堤防・高水敷・低水路・河床の形状を表現できてはいるが、実断面と比較すると横断面積が小さいことが分かる。

3. 補完DEMを用いた平面2次元計算事例

DEMにおける欠測の補完の効果は、平面的な広がりを持っており、その効果については2次元計算における水理計算においても反映される。ここではその一部を示すにとどめるが、太田川を含んだ周辺地形における修正されたDEMを用いた計算結果を示す。格子間隔は5mであり、南北方向、東西方向それぞれ、1.5km、2.5kmの範囲とした。この領域に、長岡市の48時間最大降雨と土地利用データを与え、表面を流出する流れによる内水の挙動を調べた。

図4に計算によって得られた12時間後と48時間後の冠水位を示す。計算結果では領域内部の低地に水が滞留しており、河川・水路内部では河床標高に応じた流れが生成されている。また、降雨に伴い水位が上昇しているのがわかる。今回の計算では、建物占有率、地下浸透、ボックスカルバート、市街地流出の影響を考慮しておらず、これらを導入すると計算負荷が増大することが予想される。また、生成された地形は概ね良好と判断されるが、河川全域での妥当性についてはさらに実計測が必要と思われる。

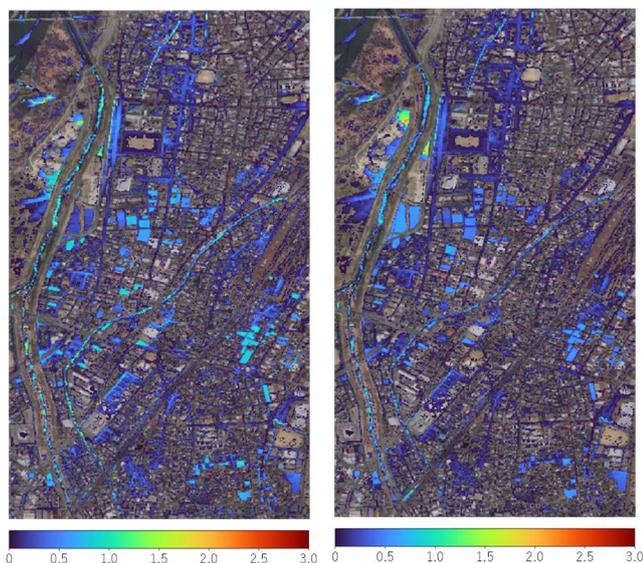


図-4 修正標高を利用した内水氾濫結果
(左：12時間後、右：48時間後)

4. 考察と展望

本研究により、欠測領域を補完する1つの方法を提案した。この方法は周囲の既知の領域から外挿するため、基本的には新しい情報を付加しているわけではなく、河床標高を推測しているに過ぎないが、簡便で自動化されている。欠測域が広範囲でない場合は処理が短時間であり、周囲の情報が含まれているため、実断面標高値から大きく外れることはないことが確認された。また、現地に行く必要がないため、研究目的である、迅速かつ安価な測量データを作成することができた。

今後の展望としては、他の中小河川での適用も試みる。また、内水氾濫計算においては、建物占有率や地下浸透、ボックスカルバート、市街地流出なども考慮したうえで計算負荷の確認を行う予定である。

参考文献

- 1) 気象庁 大雨や猛暑日(極端現象)などのこれまでの変化
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html
- 2) 日経 xTECH：台風19号、水難の教訓
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/mag/ncr/18/00074/110100008/>
- 3) 令和元年台風19号 被害等の概要
<https://www.bousai.city.nagaoka.niigata.jp/plan-pamphlet/r01-19.pdf>
- 4) 日本域表面流向マップ / Japan Flow Direction Map (J-FlwDir)
<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/JapanDir/index.html>
- 5) 国土地理院 DEM(数値標高モデル)
<https://www.gsi.go.jp/top.html>
- 6) 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>