

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨災害に関する地理地殻活動研究センターの対応 Responses of Geography and Crustal Dynamics Research Center to the Kanto-Tohoku Heavy Rainfall Disaster in September 2015

地理地殻活動研究センター 地理情報解析研究室
Geographic Information Analysis Research Division,
Geography and Crustal Dynamics Research Center

要 旨

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨における鬼怒川洪水災害に際し、初動段階において応用地理部と協力して関東地方整備局防災ヘリによる撮影映像・画像や報道映像及び国土地理院が撮影した斜め空中写真等から、茨城県常総市付近の浸水範囲を判読・推定した。その浸水範囲の面積や浸水範囲内の建物数を GIS 上で算出し、国土交通省の災害対策本部へ提供し、国土地理院のウェブサイトで公表した。また、ポンプ車による排水計画立案等に役立つ情報の提供を目的として、洪水に伴う浸水体積の推定手法を検討した。

1. はじめに

平成 27 年 9 月、台風 18 号及びそれから変化した低気圧によって、栃木県北部を源流とする利根川水系鬼怒川では、10 日に中流部である常総市、筑西市を中心に堤防の決壊・溢水が発生し、周辺地域に多大な被害を与えた（関東地方整備局，2015）。

地理地殻活動研究センターでは、応用地理部と連携・協力し、関東地方整備局防災ヘリによる撮影映像・画像や報道映像及び国土地理院が撮影した空中写真等から浸水範囲を判読・推定し、その面積や浸水範囲内の建物数を算出し、国土地理院のウェブサイトで公表した。また、ポンプ車による排水計画立案等に役立つ浸水体積を推定するため、様々な手法を検討した。本稿では、それらの概要を報告する。

2. 推定浸水範囲の面積及び建物数の算出

初動段階では、空中写真等の情報が得られなかったことから、ヘリ報道映像からの浸水範囲の判読を試みた。報道映像は必ずしも浸水範囲全域を撮影しているわけではないことから、判読範囲は一部に留まった。また、報道映像の静止画から、射影変換や SfM (Structure from Motion) /MVS (Multi-View Stereo) 技術による正射画像の作成を試みたが、画質が低いことや撮影角度が水平に近かったことなどにより、浸水範囲の判読に耐えうる成果は得られなかった。

その後、関東地方整備局防災ヘリによる映像や斜め撮影画像が入手できたことから、応用地理部と協力し、これらの情報から 9 月 10 日 18 時時点の浸水

範囲を推定し、GIS データ（ポリゴンデータ）作成及び資料（図面）作成を行った。

また、作成したポリゴンデータを用いて、推定浸水範囲の面積と東西・南北のおおよその長さを ArcGIS (ESRI 社) を用いて計算した。併せて、基盤地図情報の建物外周データを使用し、推定浸水範囲内の建物数も計算した。ここでは、「一般建物」属性の建物のみを対象とし、ビニールハウス等の「無壁舎」属性の建物は除外した。なお、「一般建物」は、住家・非住家の両方を含んでいる。作成した資料は、国土交通省の災害対策本部に提供すると共に、国土地理院のウェブサイトで公開した（国土地理院，

平成27年9月関東・東北豪雨に係る茨城県常総地区推定浸水範囲
(9月12日15:30時点までに浸水した範囲)

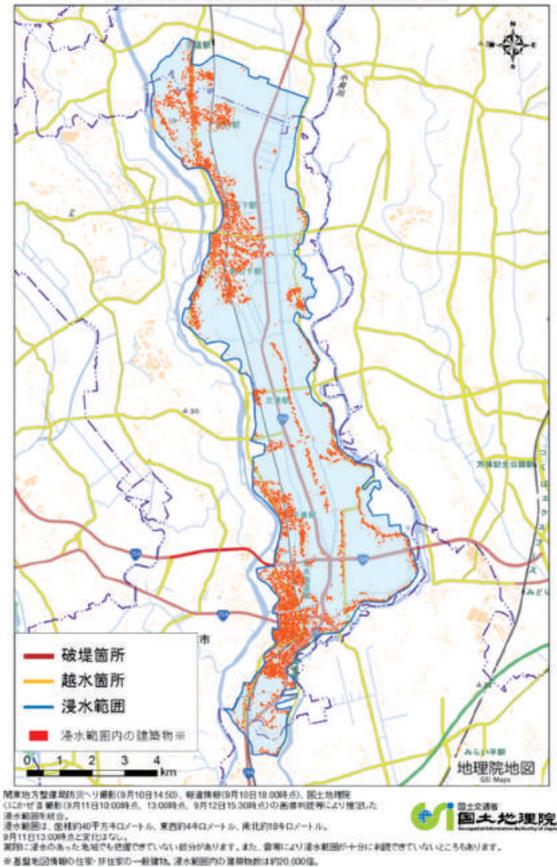


図-1 9月12日15時30分時点までに浸水した範囲とその面積及び建物数等を示した平成27年9月関東・東北豪雨に係る茨城県常総地区推定浸水範囲図。

2015a).

次に、国土地理院の「くにかぜⅢ」が9月11日午前中に撮影した斜め撮影空中写真から応用地理部が作成した9月11日10時時点の推定浸水範囲ポリゴンデータを用いて、推定浸水面積の算出、東西長・南北長の計測、推定浸水範囲内の建物数の算出及び推定浸水範囲図の作成を行った。この資料も、国土交通省の災害対策本部に提供すると共に、国土地理院のWebサイトで公開した(国土地理院, 2015b)。

さらに、9月12日午後、それまでの推定浸水範囲を統合し、9月12日15時30分時点までの推定浸水面積と東西長・南北長、推定浸水範囲内の建物数を求め、災害対策本部への提供及びウェブサイトでの公開を行った(図-1, 国土地理院(2015c))。その後の推定浸水面積の算出等は、応用地理部が中心に行い、地理情報解析研究室では併行して算出して、同じ値になるかどうかクロスチェックした。

3. 浸水範囲ポリゴンを利用した浸水体積の算出の試み

ポンプ車による排水計画立案等に役立つ情報の提供を目的に、応用地理部が判読した浸水範囲のポリゴンデータを用いて水面標高を推定し、DEMとの差分によって浸水体積の算出を試みた。

まず、浸水範囲ポリゴンをArcGISに取り込んだ。浸水縁(浸水範囲の外縁)の地表面の標高は、水面の標高を代表すると仮定し、浸水縁に標高を与えることとした。標高データとしては、航空レーザ測量による5mDEMを間引いた10mDEMを用いた。洪水が進行中の時点では、水面標高は一定ではなく、広い範囲で見れば傾いており、傾いた水面を再現するデータが必要と考えられる。浸水範囲が大きい時点での水面標高の作成には、浸水範囲ポリゴンの縁のノード(頂点)を主に用い、補間計算することによって水面の標高データを作成した。

浸水範囲が水田の高い土手や道路盛土等で区切られている場合、浸水縁における水面標高として頂点の標高をそのまま使用すると、頂点が土手上にある場合は過大評価、水田中にある場合は過小評価となる可能性がある。今回の事例では、縮尺の関係から頂点が土手上に落ちているケースが多く、過大評価となっていた。そのため、浸水範囲ポリゴンの頂点にDEMから標高値を入力した後、下記の2種類の手法(①・②)で標高値の修正を試みた。

① 頂点の標高のうち、土手等の上面の標高を拾っていると考えられる点の数値を手作業により修正する。具体的には、Excel(Microsoft)で頂点の属性値(標高)を折れ線グラフとして表示し、隣接点と比べて突出している点は、土手等の上面の標高あるいは水路の標高を拾っていると考

え、標高値を下げる修正を行った。なお作業時間の短縮のため、小さい浸水範囲には一定の水面標高を設定した(図-2)。頂点修正の際の基本的な考え方は、次のとおりである。

- ・「周囲に水面標高を代表すると考えられる頂点」がある場合には、その点の高さをコピーする。特に、浸水範囲の端として、自然堤防上の集落を縦断する道路が採用されている場合は、周囲の水田等と思われる頂点の高さを採用した部分が多い。
- ・堤防の上等に頂点が多数連続する場合は、その前後の「周囲に水面標高を代表すると考えられる頂点」の高さから、概ね点番号に比例した内挿を行った。
- ・水が流れていく先端付近では、頂点が周囲の水面標高を代表しない。すなわち、水は低いところへ流れていくので、その先端の地表面の標高は、あたりの水面より低いことになる。この部分は、水没している範囲の標高を考慮して、作業者が判断・決定した。
- ・破堤している付近では、水面標高が周囲より高いため注意した。

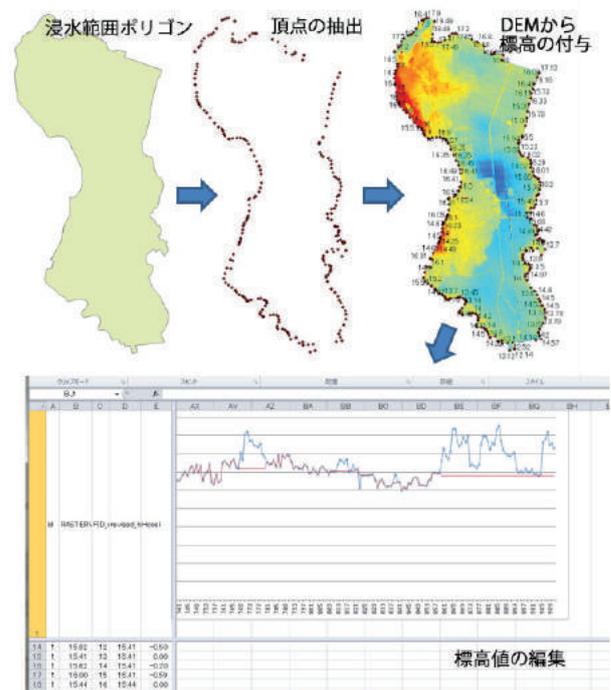


図-2 浸水範囲ポリゴンから縁の頂点を抽出し標高をDEMから与えた後、土手上的の標高を修正する作業のイメージ。

② 全点について、頂点から一定の距離のバッファ内の中央値(メディアン)を頂点の標高とする(図-3参照)。この作業は、ArcGISを用いて行った。

さらに、9 月 15 日以降の、水が引いて湛水域が細分化した浸水範囲ポリゴンについては、下記のように水面標高を作成した。

③土手等の上面と水田等の底面の間のどこかに水面があると考え、周囲の DEM の値を調べて、一つの湛水域に対して一定の標高を与える。

手法①の長所は、いびつな水面ができにくいことであり、短所は手修正にかかる作業時間が長いことである。

手法②の長所は、作業時間が非常に短いことと、浸水範囲の位置によっては①と近い良好な結果が出ることである。短所は、例えば土手が交差している地点など、バッファ内の大部分を土手が占める場所では、中央値をもってしても盛土の標高となってしまうため水面が歪み(図-3)、浸水深が大幅に過大評価となることである。バッファは頂点からの距離 50m と 100m で試算したが、高い土手等で区切られない浸水範囲の場合には、バッファ 50m で手法①と非常に良く一致した標高値となった。なお、常総地区のデータでは、バッファ 100m にすると土手等の影響は省かれたが、浸水深は①と比較して過小評価になった。

手法③の長所も作業時間が比較的短いことであるが、標高の決定に個人差が大きく出ることが短所である。

浸水深・体積の試算には、2015 年 9 月 11 日 10 時時点(手法①・②)、9 月 13 日 10 時 40 分時点(手法①(小さい湛水域は③)・②)、9 月 14 日 9 時 30 分時点(手法①(小さい湛水域は③)・②)、9 月 15 日 10 時半時点(手法②・③)、9 月 16 日 10 時 20 分時点(手法②・③)の浸水範囲ポリゴンを用いた(表-1)。なお、浸水体積の計算にあたって、DEM との差分で浸水値がマイナスと出る所は、ほぼ浸水しなかった場所と考えて、浸水範囲から削除して計算した。しかし、今回が初めての取り組みであり、得られた数値の検証が困難であったことや、結果の算出に時間を要し、結果が得られた時点で現状と大きな差異が生じていると考えられたことから、現場での混乱を避けるため、数値の積極的な提供及び公表は見送った。ただし、9 月 11 日 10 時時点の結果(図-4)を、その後国土交通省水管理・国土保全局(2015)により公表された試算結果(速報値)(約 3,400 万 m³)と比較したところ、手法①や、手法②で 50m バッファを用いた結果は、オーダーレベルで整合的であった。

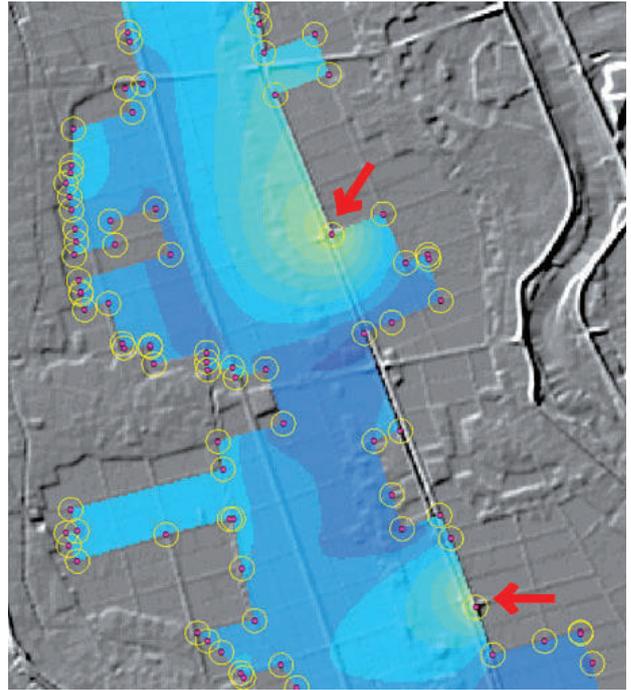


図-3 浸水範囲ポリゴンの頂点からバッファを作成し、バッファ内の標高値から水面を作成した様子。段彩は 50cm 間隔で設定している。赤矢印の点は特に過大な値となっている。

表-1 浸水深・体積の試算に用いた推定浸水範囲の日時と処理方法一覧

推定浸水範囲の日時	水面標高作成手法	備考
9 月 11 日 10 時	①, ②	
9 月 13 日 10 時 40 分	① (③)	小さい湛水域は③
9 月 14 日 9 時 30 分	① (③), ②	小さい湛水域は③
9 月 15 日 10 時 30 分	②, ③	
9 月 16 日 10 時 20 分	②, ③	

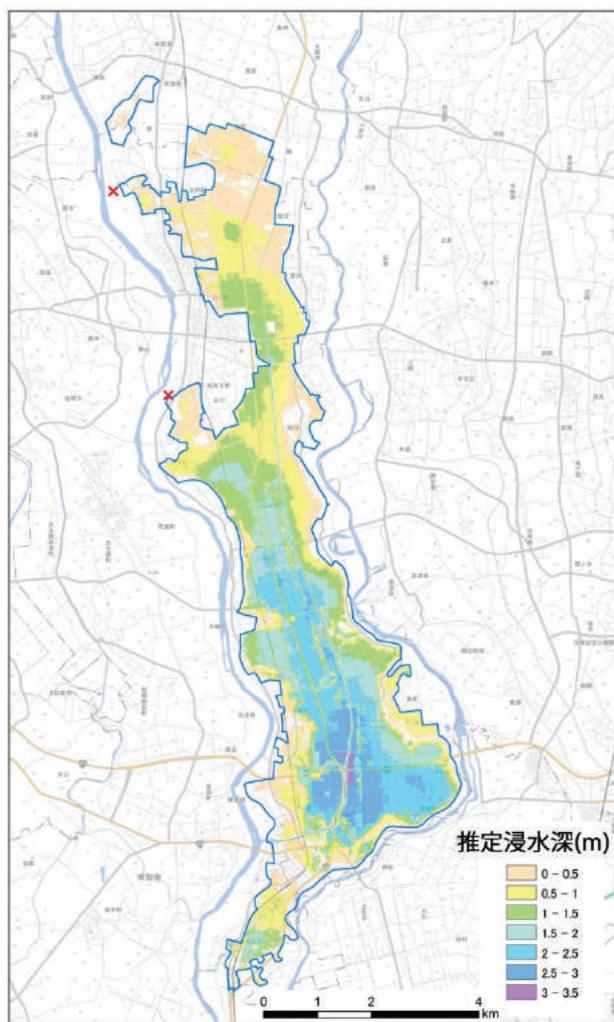


図-4 2015年9月11日10時時点の浸水範囲ポリゴンを用いた推定浸水深(手法①による)。

4. まとめと今後の課題

平成27年9月関東・東北豪雨において、鬼怒川堤防の決壊・溢水による茨城県常総市付近の浸水を中心に、防災ヘリによる撮影映像・画像や報道映像及び国土地理院が撮影した空中写真等から、応用地理部と協力して浸水範囲を判読した。初動段階では空中写真が得られなかったことから、報道機関のヘリ映像等から浸水範囲の判読を試みたが、被害域全体をカバーしていないうえ、画質が不十分などの困難があった。また、報道映像等からの正射画像の作成は困難であった。今後は、国土交通省の統合災害情

報システム(DiMAPS)に掲載される、ヘリサットによる映像からリアルタイムで作成される正射画像の利用が考えられる。

その後、応用地理部が判読した推定浸水範囲のポリゴンデータを用い、9月12日15時30分時点までの浸水面積と東西・南北のおよその長さ及び浸水範囲内の建物数を算出した。これらの計算はArcGIS上で行ったが、座標系の設定等によっては誤った値が求まる可能性があり、計算に際しては座標系の確認と地理院地図等の他ツール・他者によるクロスチェックが必要である。

上記に引き続き、ポンプ車による排水計画立案等に役立つ情報の提供を目的に、浸水範囲ポリゴンデータとDEMを用いて浸水体積の算出を実験的に試みた。ArcGISを用い、手作業を多く必要とする手法と自動的な手法を試行したが、それぞれ、作業時間や結果の正確性に長所と短所があった。自動的な手法については、現地の地形、氾濫の状況等により、適切な手法が異なると考えられるため、更なる検討が必要である。浸水体積の算出に関しては、より良い精度が得られる手法をベースに、さらなる改善と事例の積み重ねを行うことが妥当と判断することができた。また、今回の試行のように算出に時間を要すると、結果が得られた時点で現状との差異が生じるため、精度向上と合わせて処理の高速化が必要である。

最後に、茨城県常総地区の堤防決壊は日中であったが、夜間の決壊も考えられる。今回のケースでは、様々な映像・画像が利用可能であったが、夜間の洪水被害の状況把握をどのように行うかについても、今後検討する必要がある。

謝辞

本研究における浸水体積の推定に関連し、国土交通省国土技術政策総合研究所の鳥居謙一河川研究部長、伊藤弘之河川研究部水害研究室長から情報を提供頂いた。ここに記して感謝申し上げます。

(公開日：平成28年3月31日)

参考文献

- 関東地方整備局(2015):「平成27年9月関東・東北豪雨」に係る洪水被害及び復旧状況等について、
http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000636288.pdf (accessed 25 Jan 2016).
- 国土地理院(2015a):平成27年9月関東・東北豪雨の情報「(1)【9月10日18:00時点】茨城県常総地区の推定浸水範囲」, <http://www.gsi.go.jp/common/000107660.pdf> (accessed 25 Jan 2016).
- 国土地理院(2015b):平成27年9月関東・東北豪雨の情報「(2)【9月11日10:00時点】茨城県常総地区の推

定浸水範囲」, <http://www.gsi.go.jp/common/000107661.pdf> (accessed 25 Jan 2016).

国土地理院 (2015c) : 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨の情報 「(1)+(2)+(3)+(4) 【9 月 12 日 15:30 時点までに浸水した範囲】 茨城県常総地区の推定浸水範囲」, <http://www.gsi.go.jp/common/000107674.pdf> (accessed 25 Jan 2016).

国土交通省水管理・国土保全局 (2015) : 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨に係る被害及び復旧状況等について (水管理・国土保全局) (10 月 5 日 9 : 00 時点), <http://www.mlit.go.jp/common/001105761.pdf> (accessed 25 Jan 2016).

