1 地点の情報にもとづく即時的な浸水域推定手法

出原彰雄＊・平野洪賓＊＊

Quick Estimation Method of Flood Inundation Mapping using Single Point Information

Akio IDEHARA* and Kohin HIRANO**

* *Tokyo Fire Department*
** *Storm, Flood and Landslide Research Division,*
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Japan
hirano@bosai.go.jp

Abstract

Quick flood inundation mapping is important for evacuation, rescue operation, and damage assessment. In this study, we present a quick estimation approach of inundation extent and floodwater depth over the Mabi-cho region, Kurashiki City, Okayama Prefecture, where was severely flooded during the Heavy Rain Event of July 2018 in Japan. The estimation method is based on the GIS tool and takes full advantage of the high-resolution Digital Elevation Model (DEM) and the floodwater depths obtained from the actual record at the fire department office during the disaster as well as the field survey information. Overall, the results of the proposed approach harmonize with the inundation map published by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI). Although the boundary of the study area should be defined in advance in this approach, it becomes clear that the proposed approach can provide useful results quickly. These findings suggest that the quick estimation method of flood inundation mapping can be a good reference to local government and emergency management sectors during the initial disaster response. In this report, we emphasize describing the operation procedure in detail so that the approach can be easily reproduced and widely used on site.

Key words: Heavy Rainfall, Disaster Response, Inundation Area Estimation, ArcGIS

1. はじめに

近年，地球温暖化に起因する豪雨の増加によって浸水被害が多発している．平成 30 年 7 月豪雨では全国で河川の氾濫や浸水が発生し，岡山県倉敷市真備町では浸水によって多くの死者が発生する等，甚大な被害となった．水害発生時の自治体の災害対応において，早期に浸水範囲および浸水深分布（以下，浸水域という）を把握することは災害対応や被害軽減において重要である．しかし，筆者らが倉敷市の消防本部に実施したヒアリング調査[1]（以下，ヒアリング調査という）から，浸水発生中の災害対応において，浸水の最新状況を俯瞰的に把握する術がなく効率的な活動が困難であったことが判明した．そのため，災害初動対応において活用可能な浸水域推定手法の確立が急務であるといえる．

水害時の災害対策として，ハザードマップや数値シミュレーションを利用して浸水の危険がある地域を事前に把握することも有効であるが，発災直後の被災状況把握はリモートセンシング技術を利用するのは一般的である．吉田（2018）は，SNS 画像や航空

＊ 東京消防庁
＊＊ 国立研究開発法人　防災科学技術研究所　水・土砂防災研究部門

機で撮影された空中写真を活用して浸水域の推定を行い，排水作業等に活用されたことを報告している．この中で，SNS 画像については迅速性に優れているものの撮影地点数や撮影時刻によって精度にばらつきが発生すること，航空機の空中写真の撮影は天候に左右されるため悪天候の場合は迅速性が確保できないことが述べられている[2]．また，夜間における空中写真撮影は超高感度カメラや熱赤外線カメラを用いれば水域を定性的に識別することは可能であるが，浸水範囲の抽出や市街地での適用などはまだ課題である[3]．

本研究では，災害現場での初動対応に資することを目的に，1 地点の浸水情報から即時におおよその浸水域を示し，推定浸水域図を作成する手法を提案し，その有用性を示す．具体的には，平成 30 年 7 月豪雨によって浸水被害のあった倉敷市真備町を対象に，実際の災害対応から得られた 1 地点の浸水深情報と，国土地理院が公表している基盤地図情報数値標高モデル（以下，DEM データという）を使用して浸水域の推定を行い，推定浸水域図を作成する手順について報告する．なお，浸水域の即時推定を少しでも早く広く採用されることが重要であると考え，本稿では GIS ツールを使用した推定浸水域図の作成手順をなるべく詳細に記している．

2. 対象領域

浸水域推定の対象領域は，平成 30 年 7 月豪雨で浸水被害が発生した岡山県倉敷市真備町の行政区域のうち，小田川，高馬川および末政川の堤防で囲まれた行政区域とした（**図 1** および**表 1**）．対象領域の 14.8 m 以下（**図 1**）の広範囲にわたって浸水が発生していた．

選定理由は，ヒアリング調査から「堤防で囲まれた低地ごとに浸水時間が異なった」という消防職員の証言が得られたので，浸水深計測が行われた時刻の浸水域を推定するためには領域を区切る必要があると判断し，真備分署が所在する 2 つの川の間に限定することにした．

3. 使用データ

1 地点の浸水情報からの推定浸水域図作成に使用したデータの種類と提供元を**表 2** に示す．DEM データは，国土地理院基盤地図情報（数値標高モデル）から真備町を網羅する範囲の航空レーザ測量による 5 m メッシュ標高（DEM5A）を使用した．行政界を地図上に可視化するため，政府統計の総合窓口（e-Stat）で公表されている 2015 年国勢調査による倉敷市の境界データを使用した．浸水面の標高（以下，水面

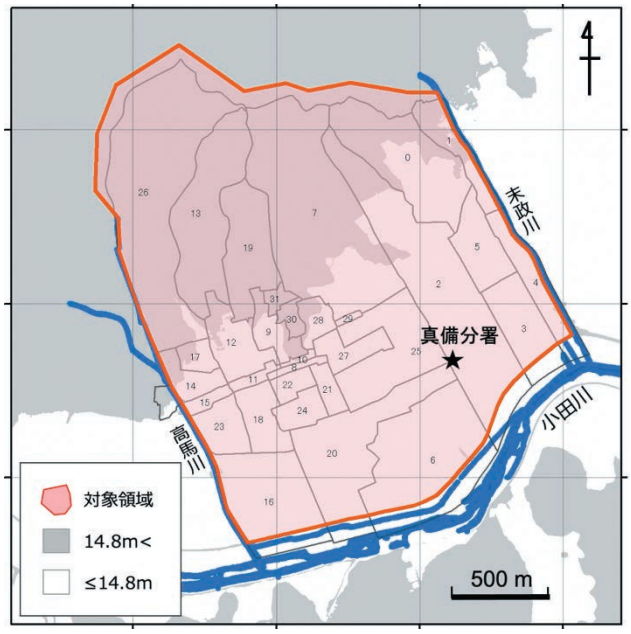


図 1　対象領域
Fig. 1　Target area.

表 1　「図 1 推定領域」の行政区域名
Table 1　Administrative area name of estimated area.

ID	AREA	ID	AREA	ID	AREA
0	真備町有井上有井	11	真備町箭田土師谷下	22	真備町箭田中学北第 3
1	真備町有井和田	12	真備町箭田土師谷中	23	真備町箭田小林
2	真備町有井小山	13	真備町箭田昼田	24	真備町箭田元田
3	真備町有井防田	14	真備町箭田中須賀	25	真備町箭田大曲
4	真備町有井大日	15	真備町箭田土手東	26	真備町箭田半田東
5	真備町有井下有井	16	真備町箭田鍋屋	27	真備町箭田旭町
6	真備町下二万坪田	17	真備町箭田中須賀東	28	真備町箭田旭町 2 区
7	真備町箭田境	18	真備町箭田田中	29	真備町箭田旭町 3 区
8	真備町箭田土師谷東下	19	真備町箭田王子	30	真備町箭田旭町南
9	真備町箭田土師谷東上	20	真備町箭田坪田後	31	真備町箭田旭町北
10	真備町箭田桑の市	21	真備町箭田中学北		

表 2　使用データの概要
Table 2　Data summary.

名称	番号等	データ形式	提供元
DEM データ	・第 2 次地域区画番号 513375 (FG-GML-5133-75-DEM5A)	ラスタデータ	国土地理院 基盤地図情報[4]
境界データ	・データ番号 33202 倉敷市	ポリゴンデータ	政府統計の 総合窓口（e-Stat）[5]
水面標高	・水面標高 14.8 m ・地点 倉敷市消防局真備分署 ・緯度，経度 34.630589, 133.701996	ポイントデータ	倉敷市消防局（ヒアリング調査に基づく）

標高という)は，浸水深と計測地点の DEM 標高の合計から推定したものである．浸水深は，ヒアリング調査から得られた消防職員が被災中に庁舎内の浸水深を計測した記録[1)]に基づいて設定した．

4. 推定手法

本手法の最終目的は浸水域を即時に把握することにあるため，ここでは洪水流の流下過程を無視し，浸水時の水面が対象領域内に水平であると仮定する．

推定の模式図を**図 2** に示す．本研究では消防職員が被災中に真備分署の庁舎内で計測した浸水深 (h) を用いるので，浸水深が計測された時刻 t における水面標高 (H) は，h と建物基礎の高さ (h_b)，および真備分署が所在する 5 m メッシュの DEM 標高 (d_0) の合計と考えられ，すなわち，

$$H = h + h_b + d_0 \tag{1}$$

である．このように求めた H の値は 14.8 m であった．対象領域内の水面標高が一様との仮定から，真備分署の外でも浸水面が同じ高さに達しており，H より低い範囲を浸水範囲とみなすことができる．推定領域内の各メッシュに対して，H からそのメッシュの DEM 標高 (d_i) を減算した値 (正値のみ) をそれぞれのメッシュにおける浸水深 (h_i) として推定する (式 2)．

$$h_i = H - d_i \tag{2}$$

ここで，i はメッシュ番号を示す．

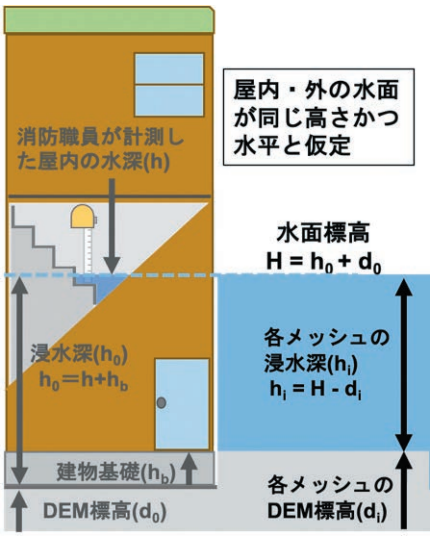


図 2　浸水深推定模式図
Fig. 2　Schematic diagram of flood water depth estimation.

浸水域の推定および推定浸水域図の作成は，地方自治体などでも広く採用実績のある ESRI 社の ArcGIS のうち ArcMap (バージョン 10.3) を使用して実施した．初めて GIS に触れる方でも理解しやすいように，ArcMap を利用した手順を作業画面のキャプチャを交えて説明する．

4.1 作業環境の設定

パソコン上に ArcMap を立ち上げて，背景地図レイヤを重ねる．本研究では国土地理院の淡色地図を使用した．



図 3　作業環境
Fig. 3　ArcMap Environment.

4.2 DEM データの取り込み

表 2 の第 2 次地域区画の zip ファイルを解凍すると基準地域メッシュ番号順に並んでいる JPGIS に準拠した xml 形式のファイルが展開される．ArcMap は xml ファイルをそのまま読むことはできないが，国内データパック変換ツールを追加インストールするか，もしくはフリーの変換ツールで GeoTIFF 形式に変換してから取り込む必要がある．本研究では株式会社エコリスが提供する標高 DEM データ変換ツール (https://www.ecoris.co.jp/contents/demtool.html) を利用して，xml ファイルを GeoTIFF 形式に変換した．変換作業終了後，メッシュ番号 44–46,

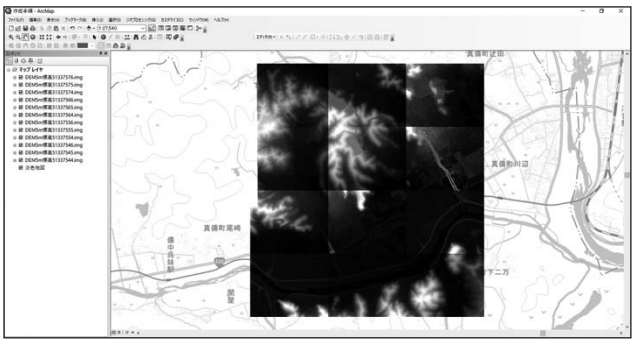


図 4　DEM データの取込み
Fig. 4　Import DEM Data.

54–56，64–66，74–76，12 個の tif ファイルを選択して ArcMap にドラッグ＆ドロップすると，**図 4** のように取り込まれる．

続いて前文で追加した複数の DEM データを 1 つのデータとして扱うために，モザイクデータセットを作成する．ArcMap の「カタログ」ウィンドウから「フォルダ接続」を右クリックして「フォルダに接続」を開き，任意のローカルディスクに作業用フォルダを作成する．作成したフォルダを右クリックして「新規作成」で「ファイルジオデータベース」をクリックすると作業用フォルダの下階層に「ファイルジオデータベース」が作成される．「ファイルジオデータベース」を右クリックして「新規作成」で「モザイクデータセット」をクリックすると，**図 5** のように「モザイクデータセットの作成」の入力画面が表示される．

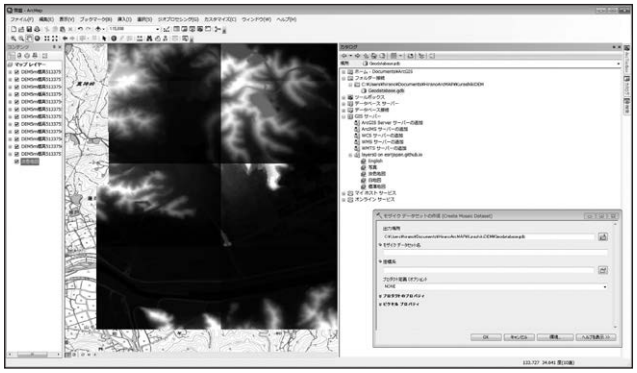


図 5　モザイクデータセットの作成
Fig. 5　Create Mosaic Dataset.

モザイクデータセットは複数の画像データを 1 枚のモザイク画像として管理する ArcGIS の機能である．「モザイクデータセットの作成」ウィンドウの「モザイクデータセット名」に任意の名称（本研究では，モザイクデータセット）を指定し，「座標系」に適切な座標系（本研究では，日本測地系 2011（JGD2011））を選択してから「OK」をクリックするとファイルジオデータベース内にモザイクデータセットが作成される．この段階ではデータを収納するいわゆる「入れもの」が出来ただけなので，まだ内部にデータは追加されていない．

次に「カタログ」ウィンドウの作成した「モザイクデータセット」を右クリックして「ラスタの追加」を選択する．すると「モザイクデータセットにラスタを追加」の入力画面が表示されるので，「入力データ」で「Dataset」を選択し，前の作業で取り込んだ DEM データを「コンテンツ」ウィンドウからドラッグ＆ドロップで「Source」に追加する．オプションの「ラスタピラミッドの構築」と「統計情報の計算」にチェックを入れて，「OK」をクリックするとモザイクデータセット内に DEM データが追加される（**図 6**）．

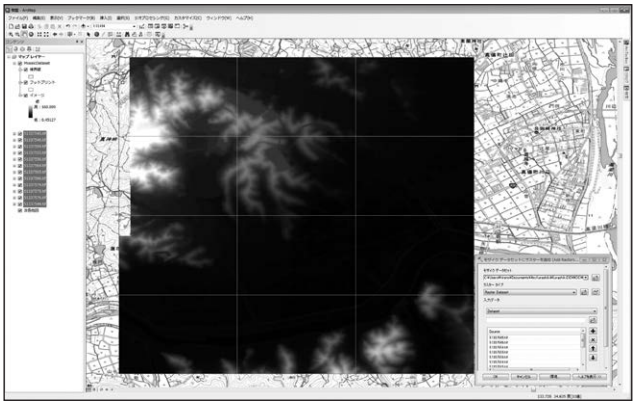


図 6　モザイクデータセットに DEM データ追加
Fig. 6　Mosaic Dataset Containing DEMs.

4.3　統計情報の計算

モザイクデータセットで何らかのタスクを実行するには統計情報が必要である．4.2 で作成した「モザイクデータセット」を右クリックし，「拡張」→「統計情報の計算」を選択する．すると「統計情報の計算」の入力画面が表示されるので，何も入力せずに「OK」を選択する．これによって統計情報が計算され，コンテンツウィンドウのモザイクデータセット内の「イメージ」の値が正しい数値となる．

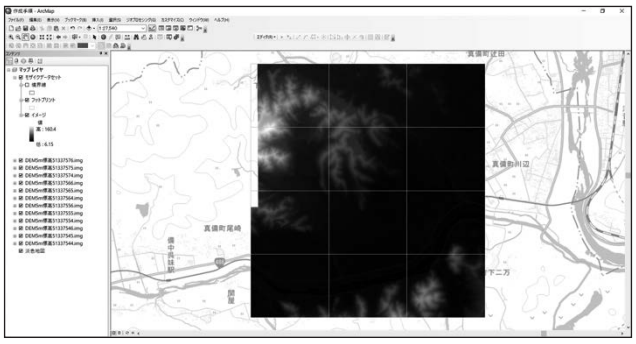


図 7　統計情報の計算
Fig. 7　Calculate Statistics.

4.4　水面標高の算出

緯度経度の属性を持った浸水深の情報を ArcMap 上にポイントとして表示させ，それが含まれる 5mDEM のメッシュの標高と加算して水面標高を算出する．具体的な手順は以下に示す．

① Excel データを作成
緯度経度および浸水深の情報を含めた Excel データを作成する．

② Excel データをデーブルに変換
「ツールバー」→「Arc Toolbox」→「変換ツール」→「Excel」→「Excel デーブル (Excel To Table)」を選択すると入力画面が表示されるので，入力 Excel ファイルに①で作成した Excel データを選択して「OK」を選択する．するとコンテンツウィンドウに Excel データのテーブルが追加される．

③ XY データの表示
作成したテーブルを右クリックして「XY データの表示(x)」を選択すると入力画面が表示される．「X フィールド(X)」に経度，「Y フィールド(Y)」に緯度，「入力座標の座標系」の「編集」から「日本測地系 2011 (JGD2011)」を選択して，「OK」で実行すると，ArcMap 上に浸水深の情報を持ったポイントが追加される．

④ 5mDEM のメッシュとの同定
ツールバーオプションから「個別属性」を選択してからマップ上にクリックすると個別属性ウィンドウが表示される．レイヤを「イメージ」に設定するとクリックしたポイントが所在する 5 m メッシュの DEM データを確認することができる(**図 8**)．表示される DEM データに浸水深を加算した値は水面標高となる．

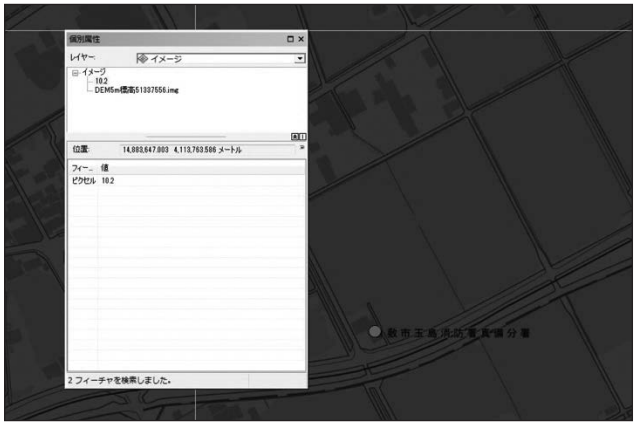


図 8　ピクセル調査
Fig. 8　Pixel Inspector.

DEM5A の標高精度は 0.3 m 以内であるが，メッシュ内にグラウンドデータが無い場合は，標高精度は 2.0 m 以内である [5]．本研究で使用したポイントは倉敷市消防局真備分署の建物内であり，メッシュ内にグラウンドがないため DEM 標高の精度誤差が大きいと考えられる．実際，真備分署所在メッシュの DEM 標高は 9.5 m 程度であるのに対して，建物前の道路における DEM 標高は 10.2 m であった．筆者らが実施した現地調査で建物と道路の間に傾斜が認められなかったことを鑑み，ここでは建物メッシュと道路メッシュの DEM 標高が同じであると仮定して 10.2 m を DEM 標高とした．このように算出した水面標高は 14.8 m であった．

4.5　推定領域のポリゴンデータの作成

次に推定領域を，DEM データ，境界データおよび背景地図を確認しながら，ArcMap 上でポリゴンデータとして作成する．具体的な手順は以下に示す．

① DEM データの設定
「コンテンツウィンドウ」の「モザイクデータセット」→「イメージ」を右クリックして「プロパティ」→「シンボル」→「分類」で「クラス (c)」を「2」に設定する．さらに「分類(Y)」→「閾値(K)」で水面標高の「14.8」を入力する．「カラーランプ」を区別しやすい任意の色に設定する．**図 9** では，14.8 以下を「白」に，14.8 より大きい値を「グレー」に設定し，さらに同じ「プロパティ」の「表示」から，「透過表示 (N)」を「50%」に設定した際の表示画面を示す．

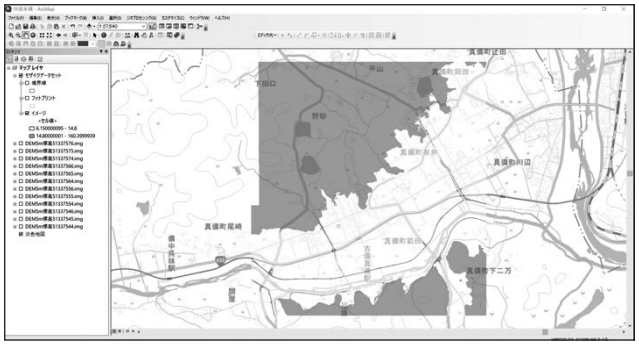


図 9　プロパティの設定
Fig. 9　Set Mosaic Dataset Property.

② 境界データの設定
ArcMap に倉敷市の境界データを重ねる．「コンテンツウインドウ」の「境界データ」の直下にあるシンボルをダブルクリックすると「シンボル選択」の入力画面が表示されるので，「塗りつぶし色」に「色なし」，「アウトライン幅」と「アウトライン色」にお好みの太さと色を選択し，「OK」をクリックすると**図 10** のように表示される．

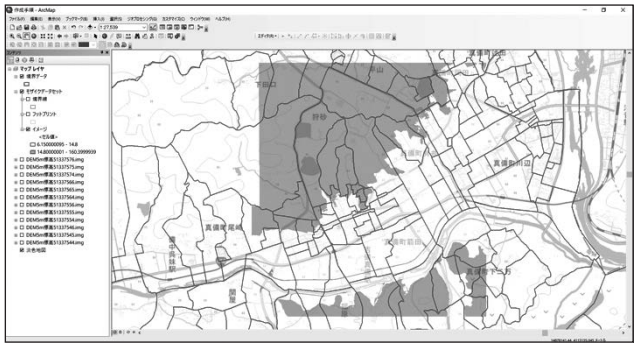


図 10　境界データの取込み
Fig. 10　Import Boundary Data.

③ ポリゴンデータの追加
「カタログ」ウィンドウの作業用フォルダを右クリックして，「新規作成」→「シェープファイル」を選択すると「シェープファイルの新規作成」の入力画面が表示される．以下のように設定する．「名前」に任意の名称（本研究では，推定領域）を入力し，「フィーチャタイプ」に「ポリゴン」，「座標系」から「日本測地系 2011 (JGD2011)」を選択して「OK」で実行するとコンテンツウィンドウに空のポリゴンデータが追加される．

④ ArcMap 上に推定領域のポリゴン作成
ArcMap 上の「ツールバー」で「エディタ」→「編集の開始」を選択して，③で追加したポリゴンデータを選択して「OK」を選択する．「エディタ」の「フィーチャ作成」→「作図ツール」の「ポリゴン」を選択する．これで ArcMap 上にマウスを使って作図できるようになったので，ArcMap 上のマウスポインターが矢印から十字に変わっていることを確認して，DEM データおよび境界データと背景地図の堤防の箇所を参考に，マウスをクリックして点を打つことを繰り返しながら，**図 1** で示した範囲を作図していく（**図 11**）．



図 11　フィーチャ作成
Fig. 11　Create Futures.

⑤ ポリゴンデータの保存
作成したポリゴンの形を微調整したい場合は「エディタ」の「頂点の編集」を使用する．編集が終わったら「エディタ」→「編集の保存」→「編集の終了」を選択する．これで推定領域のポリゴンデータが保存される．以降の作業にはここで使用した境界データはもう使用しないので，非表示にするか，レイヤを右クリックして ArcMap から削除しておく．

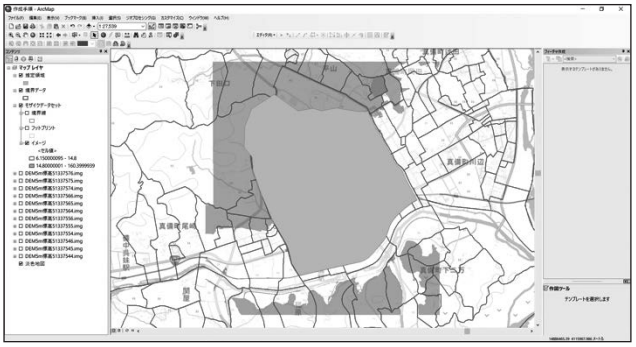


図 12　ポリゴンデータの保存
Fig. 12　Save Created Polygon.

4.6　モザイクデータセットから推定領域の抽出

モザイクデータセットから推定領域が重複している部分のみを抽出する作業を行う．具体的な手順は以下に示す．

① 4.5 の①で設定した DEM データを視認しやすくするために設定前のデフォルト状態に戻す作業を行う．「コンテンツウィンドウ」の「モザイクデータセット」→「イメージ」を右クリックして「プロパティ」→「シンボル」の「分類」を「ストレッチ」に変更し「OK」を選択する．さらに同じ「プロパティ」で「表示」を選択して，透過表示（N）を「50%」から「0%」に変更し「OK」を選択する．

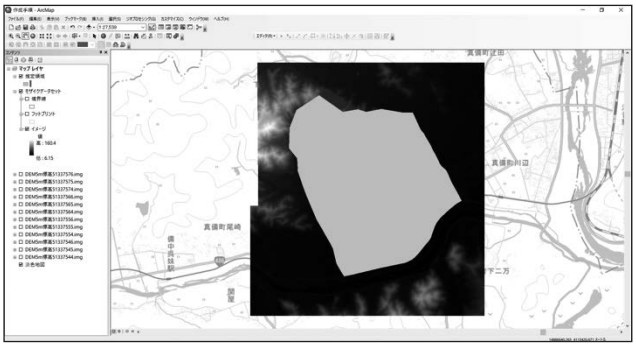


図 13　ストレッチの適用
Fig. 13　Use Stretch Function.

②「ツールバー」→「Arc Toolbox」→「Spatial Analyst ツール」→「抽出」→「マスクで抽出 (Extract by Mask)」を選択すると入力画面が表示される．「入力ラスタ」から「モザイクデータセット」(4.2 で作成したモザイクデータセット)，「入力ラスタ，またはフィーチャマスクデータ」に「推定領域」(4.5 で作成した推定領域のポリゴン)，「出力ラスタのファイル名」に任意の名称 (本研究では，推定領域 DEM) を設定し，「OK」を選択する．



図 14　マスクで対象領域抽出
Fig. 14　Extract Target Area by Mask.

4.7　水面標高から DEM データを減算

水面標高の値から，DEM データを減算して浸水深の部分だけを抽出する作業を行う．

「ツールバー」→「Arc Toolbox」→「Spatial Analyst ツール」→「算術計算」→「論理演算」→「Minus」を選択すると入力画面が表示される．「入力ラスタ，または定数値 1」に水面標高の「14.8」，「入力ラスタ，または定数値 2」に「推定領域 DEM」(4.6 で作成したもの)，「出力ラスタのファイル名」に任意の名称 (本研究では，減算結果) を設定し，「OK」を選択すると減算が実行される．



図 15　スペーシャルアナリストによる減算
Fig. 15　Subtraction by Spatial Analyst.

4.8　水面標高以上のデータの除外

4.7 の「減算結果」レイヤは水面標高以上のデータがマイナス値として残っているため，その値の除外を行う．

「減算結果」のレイヤを右クリックして「プロパティ」を選択する．「シンボル」→「分類」→「分類 (Y)」→「除外」→「データの除外プロパティ」と進み，「除外する値」に「0-　-100 (4.7 で作成した減算結果のマイナス値より大きなマイナス値)」を入力し，「OK」を選択する．

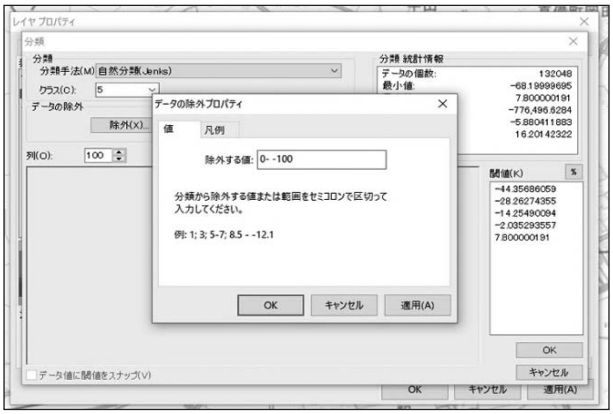


図 16　除外エリアの指定
Fig. 16　Specify Exclude Area.

4.9　浸水深の分類

4.8 と同様の手順で「減算結果」のレイヤを右クリックして「プロパティ」→「シンボル」→「分類」まで進み，任意の「クラス」および「カラーランプ」を設定し，さらに「分類 (Y)」と進んで任意の「閾値 (K)」を設定する．本研究では，6 クラスに分類し，**図 17** に示す青色系のカラーランプを使用した (浸水推定段彩図と比較するため，範囲を 0 から 5 m，5 m 以上は 5 m と同じ色に指定した)．

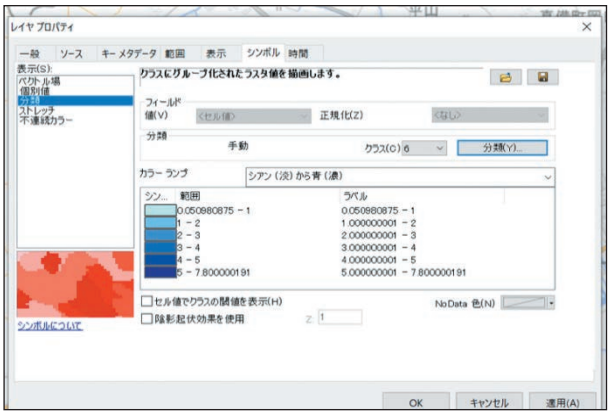


図 17　浸水深表示の設定
Fig. 17　Flood Inundation View Settings.

以上の手順に基づいて作成を行った結果，**図 18** に示す浸水推定域図が作成される．

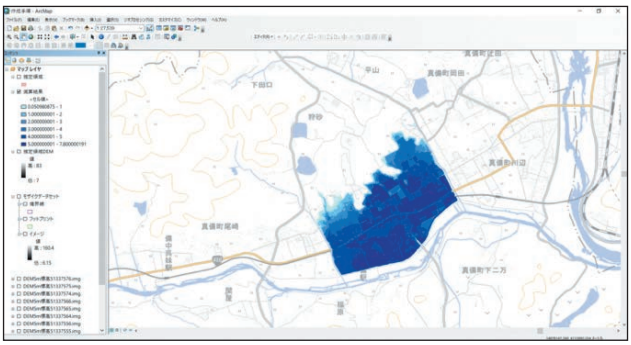


図 18　浸水推定域図
Fig. 18　Estimated Flood Inundation Map.

5. 浸水域推定結果の比較

平成 30 年 7 月豪雨における真備町の浸水域推定は複数の機関が実施しているが，最も迅速なのは発災翌日に国土交通省などの関係機関に提供され，排水作業の根拠資料として用いられた国土地理院作成の浸水推定段彩図（速報版）[6),7)]（以下，浸水推定段彩図という）である．浸水推定段彩図は従来，空中写真などから浸水痕を判読して浸水範囲と最大浸水深を示すものであるが，平成 30 年 7 月豪雨において浸水範囲を確認できる SNS 画像に基づいた速報版も作成された．本研究の目的は災害初動対応における迅速な浸水現況把握であるため，推定結果と上記浸水推定段彩図との比較を行う．

5.1　全体の比較

図 19 に DEM データを背景に本研究の推定浸水域図と浸水推定段彩図を示す．小田川（**図 19** に矢印で小田川の位置と流下方向を示している）は浸水域の南境に沿って西から東に流れる．本研究で庁舎内浸水深の計測値に基づいて推定した浸水域は浸水推定段彩図のうちの一部（**図 19 (a)** ④）のみであったが，小田川の左岸部分の全域に対して推定を行っている浸水推定段彩図と比較するために，倉敷市の小田川左岸全域に**図 19 (a)** ④と同じ水面標高（14.8 m）と仮定し，**図 19 (a)** の①，②，③および⑤の領域についても浸水域の推定を行った．川の左右の堤防の高さが異なる場合も多いので，左岸の水面標高を右岸適応させることは不適切と判断し，右岸地域については本研究で推定を行わなかった．

本研究で作成した推定浸水域図（**図 19 (a)**）と浸水推定段彩図（**図 19 (b)**）を比べると，地図の一番左側にある①エリアを除き浸水範囲の広がりが比較的一致していることが確認できた．浸水深は共に小田川から遠ざかるに従って浅くなり，ほとんどの低地部分（14.8 m 以下）で 1 m 以上の浸水がみられた．

5.2　推定領域内の比較

本研究の推定領域である**図 19 (a)** ④について，**図 19 (b)** の同じ領域との比較を行う．

浸水範囲についてみてみると，両図とも浸水範囲のほぼ全域に 2 m 以上の浸水が広がり，浸水深 5 m 以上の箇所も多くみられた．**図 19 (a)** ④のほうがより広範囲に推定されており，浸水範囲の北境は約 0.1 ～ 0.2 km 程度の差がある．浸水深について比較すると，**図 19 (a)** ④のほうが深い値で推定されている．最大浸水深はともに真備町有井地区であり，本研究の推定結果は有井大日付近で最大浸水深の 7.8 m を記録したのに対し浸水推定段彩図では 6 m[7)] と算出されており，この付近においては約 2 m の差がある．

5.3　推定領域外の比較

図 19 (a) ④と同じ水面標高と仮定して推定を行った**図 19 (a)** ①，②，③および⑤の領域について，**図 19 (b)** の同じ領域との比較を行う．

図 19 (a) ①の箇所は，本研究では浸水深が 1 ～ 2 m 程度の浸水箇所が推定されたが，**図 19 (b)** では推定されていない．

図 19 (a) ②，③および⑤について，浸水範囲をみてみると，**図 19 (a)** ②，③および⑤のほうがより広範囲に推定されている．北境の位置は，**図 19 (a)** ②は約 0.1 km 程度，**図 19 (a)** ③では約 0.1 ～ 0.3 km 程度，**図 19 (a)** ⑤では約 0.1 ～ 0.2 km 程度**図 19 (b)** より北に広がった．浸水深についてみてみると，**図 19 (a)** ②，③および⑤のほうが深い値で推定されている．

また**図 19 (a)** ③および⑤については，**図 19 (a)** ④と隣接する箇所の一部で 1 m 程度の浸水深でつながっており，範囲に差はあるが**図 19 (b)** も同様である．

5.4　作業時間について

本研究の「4. 推定手法」の作成手順をもとに，推定使用データは事前に準備されている環境下として，筆者が推定作業を行い，それにかかる作業時間を計測した．作業環境は下記のとおりである．

- 使用 PC：ArcMap10.3 の動作環境の要件 [8)] を満たしたもの
- 液晶ディスプレイ：24 型程度のものを 2 画面

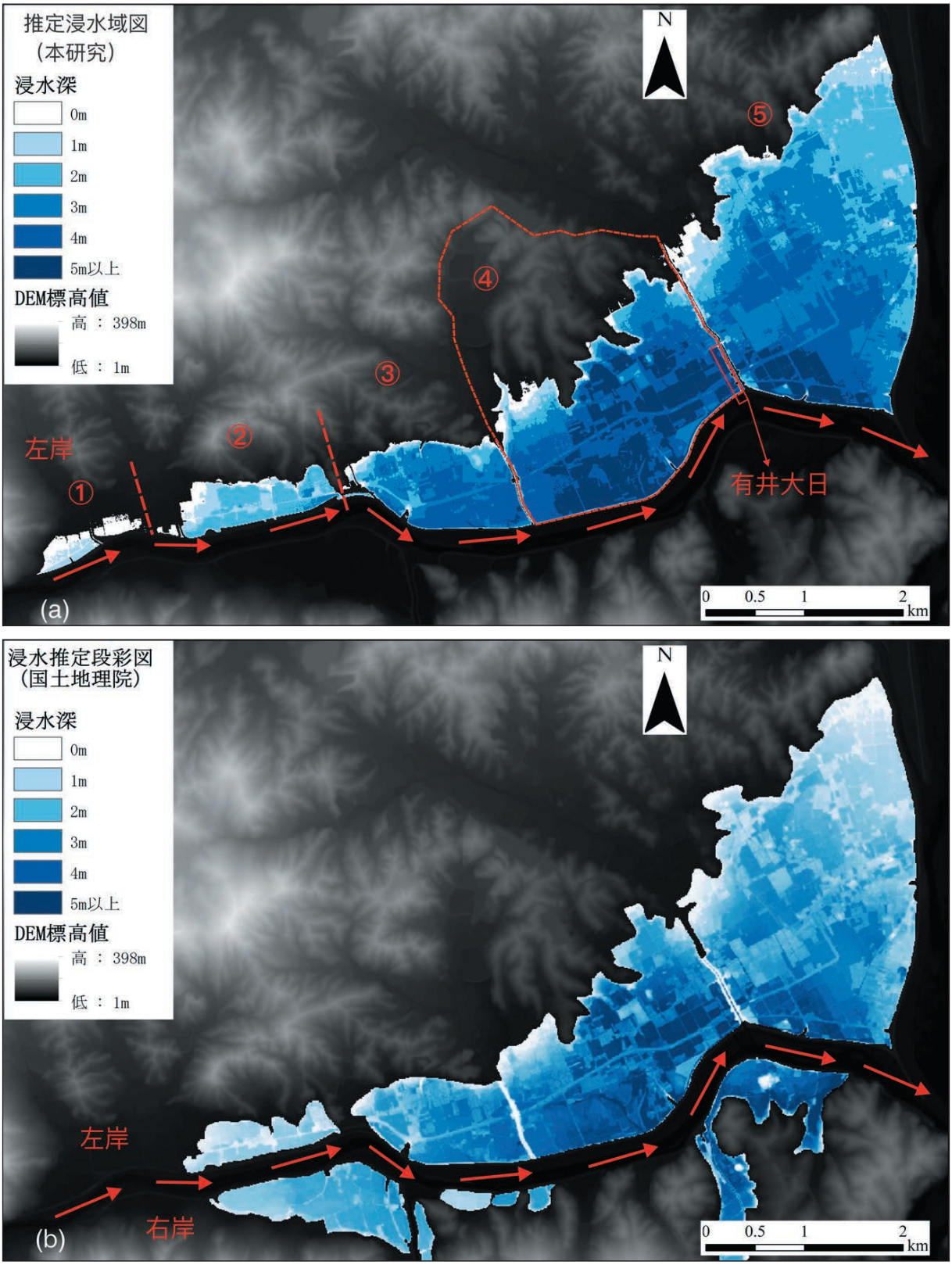


図 19　推定浸水域図と地理院浸水推定段彩図の比較．(a) 本研究で作成した推定浸水域図（図中の番号と赤点線は領域番号とその境界を示す）；(b) 地理院浸水推定断彩図．

Fig. 19　Comparison of estimation results to Geospatial Information Authority of Japan (GSI) inundation map. (a) The estimation results of our study (The number and red dot-line show the district number and its boundary separately); (b) GSI inundation map.

「4.1 作業環境の設定」から「4.9 浸水深の分類」までの作業を行い，推定浸水域図を作成した結果，作業時間は約 15 分程度であった．

6. 考察

近年の DEM データ精度向上，ソフトウェアの進化やネットワークの普及に伴い，浸水域の推定手段も多様になってきた．ここでは，本推定手法の有効な利用方法について考察し提案したい．

吉田 (2019) によると，平成 30 年 7 月豪雨において国土地理院は 7 月 7 日に撮影された映像などの情報から浸水推定段彩図の速報版を作成し，翌 8 日に関係機関に提供された．提供までに要した時間は約 1 日であった．本研究は被災中の 1 地点における点の情報を用いており，作業環境および管轄区域 DEM データの事前準備があると仮定すれば，情報入手後 30 分以内に面的に管轄区域内の浸水状況把握できる可能性がある．さらに，一般的な処理能力の PC と市販される GIS ソフトウェアで作業可能なため，一連の作業は自治体など災害初動対応の現場でも十分に実施可能と考えられる．

本研究の推定結果を浸水推定段彩図と比較することによって，1 地点の情報からも同程度の結果が得られることが確認され，浸水域を即時にある程度推定可能であることが示唆された．特に，このような推定手法を災害対応現場の情報収集と連動させることができれば，即時に浸水状況の面的な把握が可能となり，最も有効な利用方法の 1 つと考えられる．ただし，本稿では庁舎内で計測された最終的な浸水深を用いているため，最大浸水深を示す浸水推定段彩図とよく対応した結果となっているが，SNS 画像や通報情報に基づいた推定の結果は，その時刻における浸水域を示すものであり，必ずしも最大浸水深に対応しないことに注意する必要がある．

災害初動対応において浸水域を迅速に特定し，浸水戸数，人数を把握することは非常に重要であり，情報の活用用途によって浸水域に求められる「精度」と「迅速性」のバランスも異なる．一例として，消防機関の救助活動への活用を考えた場合，全体の浸水範囲を網羅できなくても管轄区域内に関する情報が即時に必要となるため，消防機関で得られる 119 番通報や現地で活動する消防隊員らによって浸水深等の情報が得られれば，それらを使って推定を行い，活動範囲の選定や緊急避難といった用途に対する判断材料の一部として，本研究の推定精度でも活用の可能性はあると考えられる．

一方で活用に至るにはいくつかの課題が残っている．本研究の手法は推定領域の設定が重要となるが，今回のように堤防等の情報が得られない場合は低地ごとに推定を行う必要がある．真備町の浸水の最終状態で，**図 19 (a)** の③，④，⑤地区の浸水域がつながっているように見えるが，現地調査によって地区毎に浸水開始時刻や最大浸水深到達時刻は異なっていたことが分かっており，浸水途中の 1 地点の情報から全地区の浸水域を推定する場合，推定結果の誤差が大きくなることが考えられる．浸水途中で推定を行う場合等に備えて，低地や地形の情報等を事前に地区毎に整備しておくことで，より精度の高い推定につながると考えられる．

また水面標高の算出に利用する地点は，標高精度の高いグランドデータの整備された地点（例えば，道路など）を選定するか，あらかじめ修正値を把握しておくことが即時に推定する際の精度向上につながる．

7. まとめ

本研究では平成 30 年 7 月豪雨によって浸水被害のあった倉敷市真備町の浸水域に対して，災害対応情報を用いて，1 地点の浸水深の情報と DEM データを使用して浸水域の推定を行い，推定浸水域図を作成した．推定結果の精度と作業時間を鑑みて，1 地点の情報から即時に浸水域を推定する手法は災害対応に有用であると考えられる．内容は以下のようにまとめる．

(1) ArcMap を使用した推定浸水域図の作成手順について詳しく記した．
(2) 推定浸水域図と浸水推定段彩図を比較した結果，両者の浸水域は比較的よく対応していた．
(3) 本研究の提案手法は推定結果の算出までに要した時間は短く，1 地点における浸水深の情報から，推定領域内において即時に浸水状況の面的な把握が可能である．
(4) 推定精度を担保するための工夫は必要であるものの，提案手法は発災直後における被災状況把握に有効であり，災害初動対応に資することができると考えられる．

謝辞

本研究を行うにあたり，岩井一朗氏に多大なるお力添えを賜りました．心から感謝申し上げます．

参考文献

1) 出原彰雄・中谷剛・平野洪賓・三隅良平・波多野頼子(2019)：平成 30 年 7 月豪雨における岡山県倉敷市の消防機関の初動対応および真備町の浸水状況について．防災科学技術研究所主要災害調査，第 **53** 号．(http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_natural_disaster/pdf/53/53-14.pdf, 2019.12.20)
2) 吉田一希 (2018)：平成 30 年 7 月豪雨に伴う高梁川流域と肱川流域の浸水範囲と浸水深分布の推定．(https://www.jstage.jst.go.jp/article/rssj/38/5/38_422/_pdf/-char/ja，2020.1.15)
3) 中埜貴元・遠藤涼・大野裕幸・岩橋純子(2019)：夜間における浸水域把握手法の検討．日本地理学会発表要旨集，2019 年度日本地理学会秋季学術大会(p. 51)，公益社団法人 日本地理学会．
4) 政府統計の総合窓口 (e-Stat)：https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?type=2
5) 国土地理院：基盤地図情報 (数値標高モデル) で提供しているデータについて．(https://fgd.gsi.go.jp/otherdata/spec/DEMgaiyo.pdf，2019.12.25)
6) 国土地理院：平成 30 年 7 月豪雨による倉敷市真備町周辺浸水推定段彩図．(http://www.gsi.go.jp/common/000208572.pdf，2019.12.25)
7) 吉田一希 (2019)：平成 30 年 7 月豪雨における浸水推定段彩図の作成．国土地理院時報，**132**，17-21．
8) esri ジャパンウェブサイト：ArcMap 動作環境．(https://www.esrij.com/products/arcgis-desktop/environments/arcmap/，2020.1.20)

(2020 年 6 月 11 日原稿受付，
2020 年 9 月 4 日改稿受付，
2020 年 9 月 4 日原稿受理)

要　旨

洪水時において即時に浸水範囲を把握することは安全確保や災害初動対応において重要である．本研究では，平成 30 年 7 月豪雨で浸水被害を受けた倉敷市真備町を対象に，1 地点の浸水情報を利用して浸水範囲と浸水深を即時に推定する手法を提案する．提案手法は地理情報システム（GIS）ソフトウェアを活用して，実際の災害対応時に記録された浸水深情報と高解像度 DEM（数値標高モデル）データに基づいて推定浸水域図を作成するものである．推定結果は，国土地理院が公表した倉敷市真備町周辺の浸水推定段彩図と比較的一致していることが確認できた．地点の浸水情報から即時に浸水状況を面的に把握できることは，災害初期対応時の自治体や消防に有効な参考情報を提供する可能性があると考えられる．本報では，GIS ツールを使用した推定浸水域図の作成手順をなるべく詳細に記すことにより，提案手法を簡単に再現でき，広く応用されることを期待したい．

キーワード：豪雨，災害対応，浸水域推定，ArcGIS