

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K15000

研究課題名（和文）洪水氾濫解析と衛星画像解析を用いた準リアルタイム水害廃棄物発生量推定

研究課題名（英文）Estimation of waste

研究代表者

橋本 雅和（Hashimoto, Masakazu）

東北大学・災害科学国際研究所・助教

研究者番号：80814649

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究により、洪水氾濫数値解析と衛星画像解析を統合して、浸水した建物を高精度で判別するシステムを構築した。また、洪水氾濫数値解析の結果を用いて水害廃棄物発生量を推定する際の課題を明らかにした。浸水建物判別に関しては、平成30年7月豪雨で広範囲で浸水した岡山県倉敷市真備町を対象に研究を進め、従来手法と同等の8割程度の精度で浸水建物を検出できることを示した。水害廃棄物推定に関しては、平成30年7月豪雨で被害を受けた山形県を対象に研究を進め、既存研究により推定された水害廃棄物発生量に比べて数値解析による推定値が過大になる傾向が見られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、水理学および水文学で開発が進められてる洪水氾濫数値解析モデルを水害廃棄物発生量推定に応用する場合に求められる浸水域と浸水深の再現精度を明らかにした点である。また、廃棄物工学の視点からは、災害廃棄物全体における水災害時の廃棄物発生量推定の手法論を示した点である。社会的意義は二つあり、災害廃棄物処理計画策定に資する情報提供ができる点と準リアルタイムの予測を行うことで、スムーズな復旧・復興に役立つ情報提供ができる点である。

研究成果の概要（英文）：This study developed a system to identify inundated buildings with high accuracy by integrating numerical flood inundation analysis and satellite image analysis. In addition, issues in estimating the amount of flood waste generated using the results of numerical flood inundation analysis were clarified. With regard to inundated building discrimination, we conducted research in Mabi-cho, Kurashiki City, Okayama Prefecture, which was extensively inundated by the July 2018 torrential rainfall, and showed that the system can detect inundated buildings with 80% accuracy, which is equivalent to conventional methods. As for the estimation of flood waste, a study was conducted for Yamagata Prefecture, which was damaged by the July 2018 torrential rainfall, and it was found that the estimated value by numerical analysis tended to be overestimated compared to the amount of flood waste generation estimated by the existing studies.

研究分野：防災水工学

キーワード：水害廃棄物 洪水氾濫解析 衛星画像解析

## 1. 研究開始当初の背景

平成 30 年 7 月豪雨や平成 27 年 9 月関東・東北豪雨のような激甚災害時には自治体の許容範囲を超える水害廃棄物が発生し、早期の復旧・復興を妨げる大きな要因となる。また、大規模災害で生じる廃棄物の処理方針を定める「災害廃棄物処理計画」の策定が全国平均で 24%に留まり、全国的に対策が遅れていることから、水害廃棄物処理の学術研究は社会的需要が高いと言える。

水害廃棄物発生量の推定手法については種々の既往研究があり、例えば廃棄物工学の観点から平山ら（水環境学会誌, 2007）によって水害廃棄物の原単位が算定されている。浸水想定区域図やハザードマップなど事前に想定された洪水氾濫に対する水害廃棄物の予測はされていたが、現在起こっている、もしくはこれから起こる水害に対してリアルタイムで水害廃棄物の発生を予測するものではなかった。また、大規模水害では廃棄物発生原単位が異なる可能性が言及されており、原単位が異なってしまう浸水状況について検証を行う必要がある。

一方で、洪水氾濫のハザード評価手法については、佐山ら（水工学論文集, 2012）の開発した RRI(降雨流出氾濫解析モデル)に代表されるように洪水氾濫解析技術が向上していることに加え、マイクロ波による衛星画像解析による浸水域の把握技術と併せて、広域かつ詳細な浸水状況の把握ができるようになってきた(青山ら, 土木学会論文集 F3(土木情報学), 2017)。しかし、流域を対象とした解析モデルでは計算格子が大きくならざるを得ない上、衛星画像は一時点の状況を取得するのみであるため、広域把握はできるが建物倒壊を引き起こすような局所的な流れを検知できないという課題があった。従って、一つの水害イベントに着目した時、流域全体での水収支を捉え、広域で浸水状況・被害状況を把握しつつ、局所的な流れを再現可能な数値解析モデルが防災分野・災害科学分野に必要とされている。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は以下の二つで、1) 洪水氾濫数値解析と衛星画像解析を統合して、浸水した建物を高精度で判別するシステムを構築すること、2) 解析格子の空間分解能等によって左右される洪水氾濫数値モデルの解析精度が水害廃棄物発生量推定に及ぼす影響を評価することである。

## 3. 研究の方法

一年目（西日本豪雨、台風 19 号での水害廃棄物の発生量の特徴把握+RRI-nesting の構築）

分布型流出モデル(RRI)を非矩形領域でネスティングするモデルを構築する。申請者は 2014 年より洪水氾濫モデルに対するネスティング計算法に関する研究を行っており、既に完成されている解析モデルの基礎的な部分を RRI モデルに移植する。特に、破堤点付近の建物倒壊を引き起こすような流れを再現可能なモデルを構築することで、流域全体での水収支、遊水池などへの湛水部分、破堤により局所的に強い水流が生まれる場所の空間分布を明らかにするモデルを構築する。モデル構築時の解析対象地域は宮城県鳴瀬川流域を想定しており、令和元年台風 19 号で破堤した吉田川、渋井川の決壊付近の氾濫を再現する。

平行して、近年発生した二大広域水害（平成 30 年西日本豪雨、令和元年台風 19 号）を対象に、水害廃棄物発生の特徴を整理する。また、平山ら（水環境学会誌, 2007）で提案された原単位で精度よく水害廃棄物量を推定できる事例と、そうでない事例との相違点を明らかにする。

二年目（洪水氾濫解析と衛星画像解析による浸水状況の把握, RRI-nesting の試験運用）

一年目に開発した RRI-nesting を使って、より広域での洪水氾濫解析を行い、衛星画像解析と併せて浸水した家屋の判別を行う。西日本豪雨と台風 19 号の二つのイベントでの洪水氾濫解析と衛星画像解析を行い、浸水状況に関する情報を整理する。年度前半に西日本豪雨、年度後半に台風 19 号を行う予定である。また、浸水した地域毎によって外水・内水氾濫の別が異なるため、地域毎の水害の特徴もまとめる。

RRI-nesting の洪水ハザード評価のみ、準リアルタイムでの試験運用を開始し、年度内に起こる可能性のある水害に備える。加えて、水害廃棄物発生量推定に必要な解析精度についても検討を進める。水害が生じた場合は現地調査を行って、浸水状況の把握および水害廃棄物発生状況の調査を行う。

三年目(各種イベント毎の浸水状況と水害廃棄物発生状況の比較)

最終年度は、大規模+中小規模水害の浸水状況と水害廃棄物発生量の相違点をまとめ、大規模水害時の原単位を明らかにする。また、水害廃棄物発生量推定のために必要な解析精度を決定し、RRI-nesting による準リアルタイム水害廃棄物発生量推定の運用を行う。

#### 4. 研究成果

一年目の 2020 年度は、分布型流出モデル(RRI)を非矩形領域でネスティングするモデルの構築に着手した。モデル構築の対象地域とした鳴瀬川水系吉田川へ適用済みであり、令和元年東日本台風における破堤氾濫で良好な再現性を得られることを確認した。また、宮城県を流れる七北田川を対象にして、氾濫域の準リアルタイム推定に資する、高密度河道横断面直線表示システムの開発を行い、植生繁茂や土砂堆積による越水危険箇所を推定した。中小河川における植生繁茂の洪水氾濫リスクへの影響は、令和 2 年 7 月豪雨で被災した最上川流域のいくつかの場所で確認しており、越水危険箇所推定は重要性が高い。

衛星画像解析と機械学習による浸水建物の検出に関しては、洪水氾濫数値シミュレーションによって推定される災害危険度分布を基に得られる教師データを学習させることで、被災建物を自動的かつ効率的に判別する手法を確立した。平成 30 年 7 月豪雨で広範囲で浸水した岡山県倉敷市真備町を対象に研究を進め、従来手法と同等の 8 割程度の精度で浸水建物を検出できることを示した。浸水建物の迅速かつ高精度の推定は、水害廃棄物推定の精度に直結するため、特に重要性が高い。

併せて、平成 30 年 7 月豪雨、令和元年東日本台風時の水害廃棄物発生量の特徴を整理した。また、令和 2 年 7 月豪雨で被災した球磨川流域、最上川流域に関する水害廃棄物の情報収集を行った。山形豪雨に関しては現地調査を行ない、水害廃棄物の発生状況を確認した。

二年目の 2021 年度は降雨情報からリアルタイムで降雨流出氾濫解析を運用するシステムの構築に着手した。システム構築の対象地域とした阿武隈川流域、最上川流域、北上川流域に適用済みであり、2022 年度の雨季に再現精度の検証を行う。また、氾濫域の準リアルタイム推定に資する、高密度河道横断面直線表示システムで特許を取得した。本技術を用いることで、越水危険度の高い区間を推定することができる。併せて、平成 30 年 7 月豪雨で被害を受けた山形県にて、水害廃棄物発生量の特徴を整理した。県内の主な被災地域であった大江町、村山市、大石田町において調査を行ったところ、既存の研究により推定された水害廃棄物量に比べて実績値が大きく出る傾向が見られた。これに伴い、国土基盤情報を基に家屋の空間分布の確認を行い、浸水範囲を照合することで、水害廃棄物を推定するために必要な洪水氾濫解析格子の空間分解能を確認した。

三年目の 2022 年度は降雨情報からリアルタイムで降雨流出氾濫解析を運用するシステムを構築した。システムは東北地方の全ての一級水系および二級水系郡(近隣の複数の流域を対象にしたもの)に適用済みであり、2022 年度の雨季に再現精度の検証を行った。一部のケースで洪水位の再現は良好であったものの、多くの地点で精度向上の余地が残された。2022 年 7 月に宮城県北部で発生した豪雨時には、特に中小河川で河川氾濫が発生し、数値解析空間分解能の問題で上流域の河川が再現しきれない問題があった。これに対応するため、河川管理者の協力を得て、河道横断面のデータと最新の LP データを取得することで、再現精度の向上を図った。併せて、水害廃棄物の発生量推定精度を向上させるため、廃棄物発生原単位の見直しを行った。具体的には、既往論文を参考に、平成 21 年から平成 30 年までの主な豪雨災害時の水害廃棄物発生量のデータを用いることで、推定回帰式を見直した。最新の情報を用いることで、推定精度は向上するものの、洪水氾濫解析の再現精度に大きく依存することから、場所によって過大評価するところが見られた。水害廃棄物発生量推定のためには床下・床上浸水の判別に係る浸水深の予測精度が重要であり、地形データの収集と併せて、場所によっては排水網の考慮が必要であることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Masakazu Hashimoto, Kenji Kawaike, Arpan Paul, Shammi Haque, Mashriqus Salehin, Hajime Nakagawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Multi-scale flooding hazards evaluation using a nested flood simulation model: Case study of Jamuna River, Bangladesh	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of River Basin Management	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/15715124.2021.19	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 橋本雅和
2. 発表標題 令和2年7月豪雨による最上川流域での水害廃棄物発生量の特徴
3. 学会等名 第40回日本自然災害学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Luis Moya, Masakazu Hashimoto, Erick Mas, Shunichi Koshimura
2. 発表標題 Automatic collection of training samples for flooded areas
3. 学会等名 IEEE's International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 地形表示方法、地形表示システム、および地形表示プログラム	発明者 橋本雅和, 佐藤翔輔, 市川健, 那須野新, 天谷香織	権利者 東北大学, 株式 会社復建技術コ ンサルタント
産業財産権の種類、番号 特許、2021-003089	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 地形表示方法、地形表示システム、および地形表示プログラム	発明者 橋本雅和, 佐藤翔輔, 市川健, 天谷香織, 那須野新	権利者 国立大学法人東 北大学, 株式会 社復建技術コン
産業財産権の種類、番号 特許、6877706	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------