

都市洪水シミュレーションを用いた動的経路決定アルゴリズムの実装

酒井 勇希・根本 達也・ベンカテッシュ ラガワン

Implementation of a Dynamic Routing Algorithm Using Urban Flood Simulations

Yuki SAKAI, Tatsuya NEMOTO and Venkatesh RAGHAVAN

大阪公立大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, Osaka Metropolitan University,
3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-5858, Japan. E-mail: sq25333b@st.omu.ac.jp

キーワード：洪水，シミュレーション，動的，最短経路，避難

Key words : Flood, Simulation, Dynamic, Shortest Route, Evacuation

1. はじめに

平成 30 年 7 月に発生した前線及び台風 7 号により，西日本の広範囲で記録的な降雨が長期にわたってつづき，岡山県倉敷市真備町では死者数 51 名という甚大な被害が発生した（国土交通省，2018）．倉敷市による洪水・土砂災害ハザードマップと実際の浸水範囲がほぼ一致していたのにもかかわらず，このような被害が発生した．ハザードマップには浸水想定区域や避難所についての情報が記載されているが，静的なマップからは洪水の進行していく様子を読み取りにくい．そこで本研究では洪水に対する最適な避難経路を時間経過に応じて示すことを目的に，Itzi を用いて洪水シミュレーションを行った．シミュレーションにおいて，国土地理院の浸水想定図を参考に浸水範囲や浸水深の再現性を検討した．また，シミュレーション結果を用いて，経過時間に応じて最適な避難経路の検索を行い，動的ハザードマップ作成の有効性を検討した．

2. 手法

本研究では，洪水シミュレーションのために浅水方程式を使用する．シミュレーションで得られた浸水域ラスタマップを用いて通行できる道路を制限し，ダイクストラ法を用いた経路検索を行う．

2.1 洪水シミュレーション

本研究では，特に都市部での洪水や表面流のシミュレーションを行うためのフリーソフトウェアである Itzi を使用した．Itzi では Almeida and Bates (2013) によって提案された簡略化された浅水方程式が用いられている．これによって計算が簡素化され，都市部において必要とされる高解像度での計算を可能にしている．Itzi はオープンソースである GIS ソフトウェア GRASS GIS 上で動作する洪水モデリングに特化したツールである．地形情報や降雨量，粗度係数を入力することにより降雨による水の流れをシミュレーションし，浸水の様子について計算を可能にする．浸水の様子を GRASS GIS 上でアニメーション表示できるため，出力されたマップデータの扱いが容易である．入力データには時系列変化するラスタデータ，strds (space time raster datasets) の入力が可能であるため過去の降雨についての情報を入力することにより，過去の洪水を再現することが可

能である．

2.2 経路検索

経路検索には pgRouting を用いた．pgRouting は PostgreSQL の地理拡張空間の Post GIS 上で構築された経路検索ツールであり，最短経路検索や到達圏分析などの解析を可能にする．pgRouting のメリットとして，GIS データを用いたネットワーク解析をデータベース内で直接実行することができることにより，洪水シミュレーション結果の扱いが容易であること，経路検索結果を QGIS 上で出力できるため視覚的に確認しやすいことがあげられる．道路データをエッジ，道路の交差している部分（交差点）をノードとして扱い，始点と終点のノードを選択して最短経路を検索する．道路長をコスト（重み）とし，ダイクストラ法を用いて最短経路検索計算を行った．ダイクストラ法とは始点から終点までの最短経路を求めるためのアルゴリズムであり，始点終点間の各道路の重み和が最小となる経路を計算する．

2.3 浸水域の変化による最短経路の導出

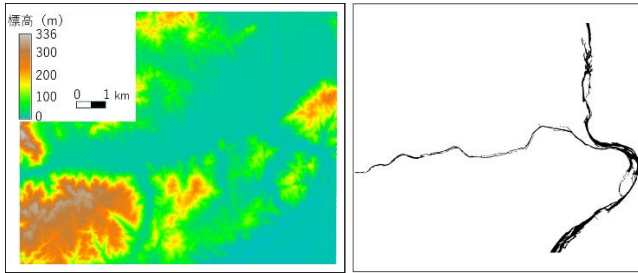
任意の時刻における浸水域ラスタデータについて浸水深 0.5 m よりも大きい領域を抽出し，浸水域ポリゴンデータを作成する．この数値は成年男性の場合安定して歩行可能な浸水深は約 0.5 m までであるとされるためである．（国土交通省，2007）．作成された浸水域ポリゴンデータと交わるエッジの通行コストを極端に高い値に設定することにより実質通行不可とする．時間の経過とともに浸水域が広がるため，浸水前に使用可能であった最短経路内のエッジが浸水域に含まれ使用不可となり，最短経路が変化する．

3. 使用データ

本研究では平成 30 年 7 月の岡山県倉敷市真備町の豪雨における浸水被害をもとにして洪水シミュレーションを行った．洪水シミュレーションの実行時間は 7 月 5 日 8 時から 7 月 7 日 12 時とした．

3.1 洪水シミュレーション使用データ

標高データとして，岡山県倉敷市真備町地域（約 8500 × 10700 m）の基盤地図情報 5 m メッシュ（標高）を用いた．河川域の値を河床標高にするため，対象時期の基盤地図情報の水域から主要河川範囲を示すラスタデータを作成し，



第1図 対象地域のDEMデータ(左)と水域データ(右)

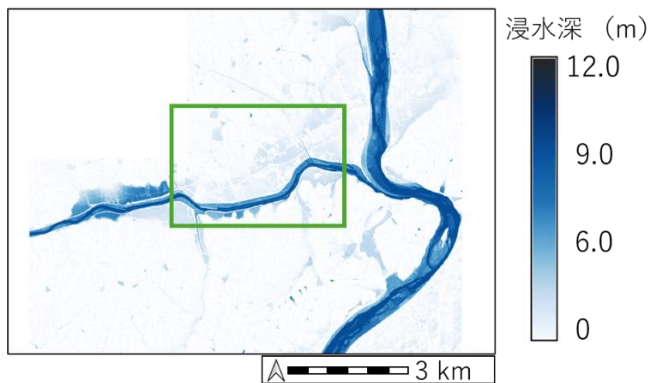
その範囲に1 m掘り下げた標高値を割り当てた(第1図)．降雨量として，気象庁のアメダス観測所倉敷地点のデータを用いた．土地利用データとしてJAXAの高解像度土地利用土地被覆図10 mメッシュ【2018～2020年】，水深データとして矢形橋水位観測所，川辺水位観測所，酒津水位観測所のものを用いた．また，Chow (1959)を参考に粗度係数を与えた．

3.2 経路検索使用データ

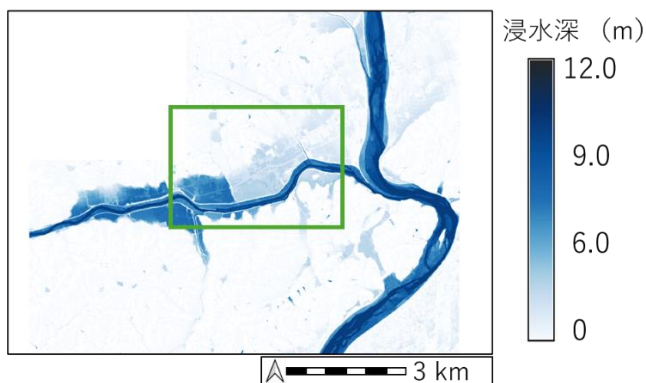
道路データには対象地域内吉備真備駅周辺(約2300 m×3300 m)のOpenStreetMapのマップデータを用いた．また倉敷市洪水ハザードマップに記載している計画規模洪水で利用可能な指定緊急避難所を避難先として用いた．

4. 結果

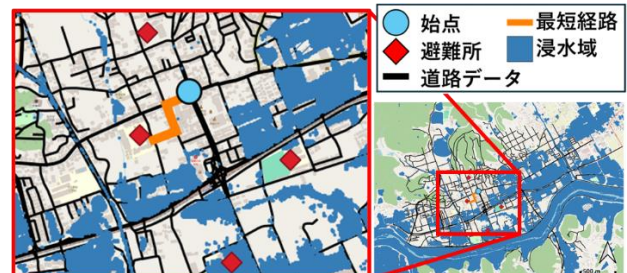
第2図と第3図に7月7日23時0分と8日0時20分での洪水の進行の様子をそれぞれ示す．第4図と第5図に，第1図の緑枠線内のそれぞれの時刻の浸水範囲と最短経路計算結果を示す．最短となる経路をオレンジ線で示す．



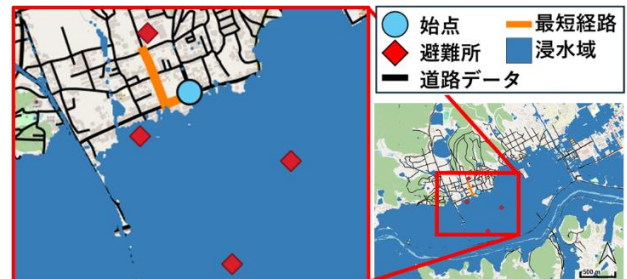
第2図 7日23時0分における洪水シミュレーション結果



第3図 8日24時20分における洪水シミュレーション結果



第4図 7日23時0分における最短経路検索結果と拡大図



第5図 8日0時20分における最短経路検索結果と拡大図

5. 考察

洪水シミュレーションにおいて時間ごとの河川の越水による都市部の浸水の様子が示せた．本研究の洪水シミュレーションにおける再現度を，国土地理院の「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」と比較したところ，シミュレーション結果の浸水範囲とほぼ一致していた．また最短経路検索では浸水状況に応じて異なる結果がえられた．これは時間が経過すると洪水により通行可能な道路が限定的となり，避難場所までに行く経路が限られてくるためである．しかし，河川の浸水以外にも小さな浸水域ポリゴンが点在し，そのポリゴンにある道路も使用不可となるため，経路検索に適切でない影響を及ぼす可能性がある．

6. おわりに

本研究では洪水シミュレーションの結果を用いて，経過時間に応じて最適な避難経路の検索を行った．より詳細な条件を設定することで洪水シミュレーションと最短経路検索の正確性を高めると同時に，避難時における道路の使用頻度を調べることで避難時における道路の重要性を定量的に評価することが可能となる．

文 献

- Chow, V.T. (1959) Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill, pp.179-184.
- Gustavo A. M. de Almeida (2013) Applicability of the local inertial approximation of the shallow water equations to flood modeling, Water Resources Research, Volume49, Issue8, pp.4833-4844.
- 国土交通省 (2007) 地下空間における浸水対策ガイドライン
https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/saigai/tisiki/chika/tech.html
- 国土交通省 (2018) 平成30年7月豪雨の概要
https://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai_dosyaworking/pdf/dai3kai/sankosiry01.pdf
- 国土地理院 (2018) 平成30年7月豪雨による倉敷市真備町周辺浸水想定段彩図
<https://www.gsi.go.jp/common/000208572.pdf>