

避難中に氾濫域に巻き込まれる危険性を考慮した経路検索システムの開発

広島大学 学生会員 ○小川 康平
 広島大学 正会員 井上 卓也
 寒地土木研究所 正会員 平松 裕基

1. 背景と目的

近年、異常気象により集中豪雨の発生頻度が増加している。2015年、関東・東北豪雨で鬼怒川が決壊した際には、逃げ遅れにより多くの市民が救出される事態となった。避難の遅れが危機的状況へとつながることが明らかとなり、以前よりも避難の重要性が増してきている。

リアルタイムの氾濫予測に関する研究は国内外で進められており、Mingら¹⁾は降雨流出と洪水プロセスを高解像度かつ流域規模で予測する新たなリアルタイム洪水予測システムを開発し、2015年のストーム・デズモンドの洪水を対象に検証を行った結果、下流の水位ハイドログラフの再現に成功し、洪水範囲を正確に予測することができた。

このような流れを受けて井上ら²⁾は、リアルタイムの氾濫予測と避難経路検索機能を組み合わせることで、住民が避難時に利用できる「リアルタイムの浸水域を考慮した避難経路検索システム」の開発を行った。しかし、このシステムでは避難時間と浸水域の広がる方向が考慮されていなかったため、避難中に浸水域に巻き込まれる可能性があった。

本研究では、先行研究の検索手法に改良を加え避難時間や浸水域の広がる方向を考慮に入れ浸水域との間に幅をとることで、浸水域に巻き込まれることのない新たなリアルタイムの避難経路検索システムの構築を目的とする。

2. 避難経路検索システムの内容

浸水域との間に幅をとるために、以下の重み関数を設定する。

$$f_d = \left[\frac{L}{(L'-L)} \right]^{cd} \quad (1)$$

$$D' = \frac{D}{f_d} \quad (2)$$

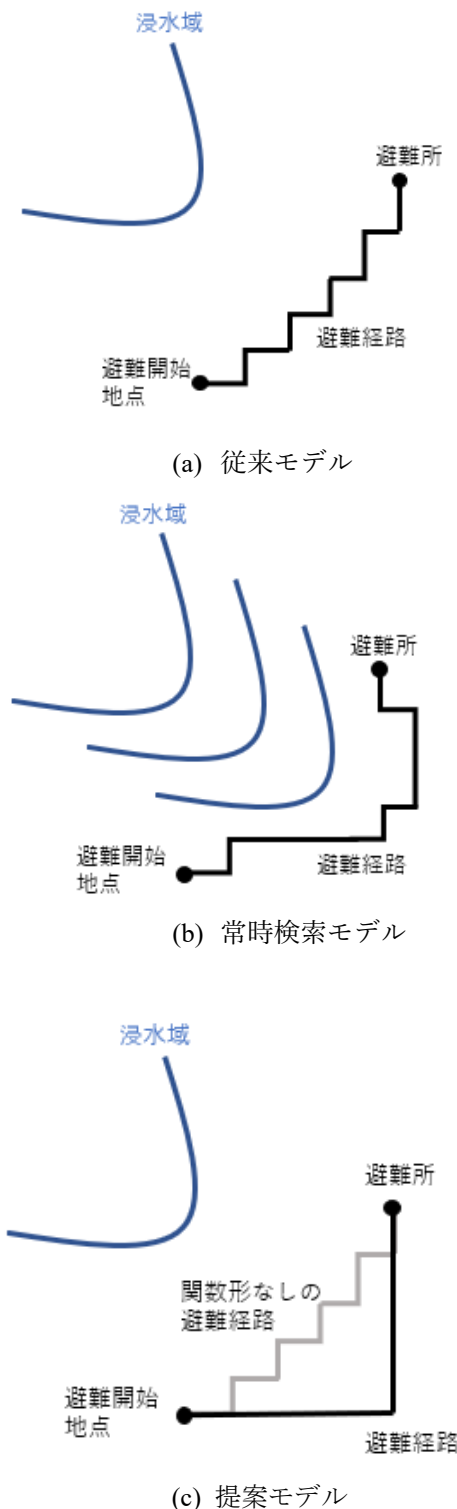


Fig.1 Overview of the three models

キーワード 氾濫, 避難経路, 破堤, 浸水域

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院先進理工系科学研究科

TEL 082-424-7821

ここに、 L ：道路と現在の浸水域との距離、 L' ：道路と1タイムステップ前の浸水域との距離、 cd ：関数の効果を調整する重み、 D ：実際の距離、 D' ：仮想距離と定義する。

式(1)は浸水域との距離に依存する重み関数である。この関数は、浸水域との距離と浸水域の広がる速度について考慮した関数である。関数の効果は、浸水域との距離が近い道路・浸水域の広がるスピードが速い方向の道路が不利になるように働く。式(2)のように、実際の距離 D を関数形 f_d で割ることで、仮想距離 D' を求める。仮想距離 D' を用いて、最短経路を求めるアルゴリズムであるダイクストラ法で計算を行うことで、浸水域を仮想距離 D' を用いて、最短経路を求めるアルゴリズムであるダイクストラ法で計算を行うことで、浸水域を考慮した避難経路を求める。

道路網の約420箇所全ノード上に避難者を配置し、避難を開始させ全避難者の被災判定を行い、避難できた人の人数をカウントする。各避難開始時刻の避難者数を累積する。

関数形を入れた本研究の提案モデルと関数形を考慮していない従来モデル、常時検索モデルの3つのモデルで比較を行った。3つのモデルの概要を Fig.1 に示す。

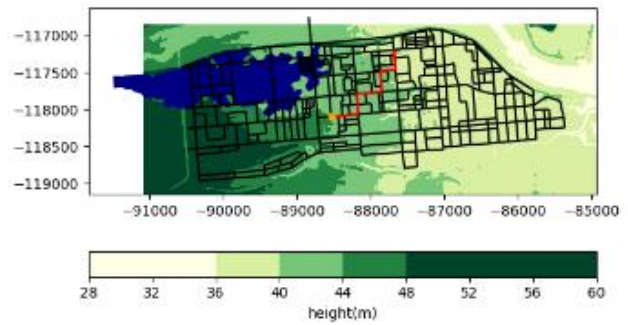
3. 解析結果と考察

従来モデルと提案モデルによる避難経路を Fig.2 に示す。関数形を入れることで、浸水域との間に幅をとった経路を選択している。また、 cd の値を大きくするにつれてより迂回した経路を選択する。

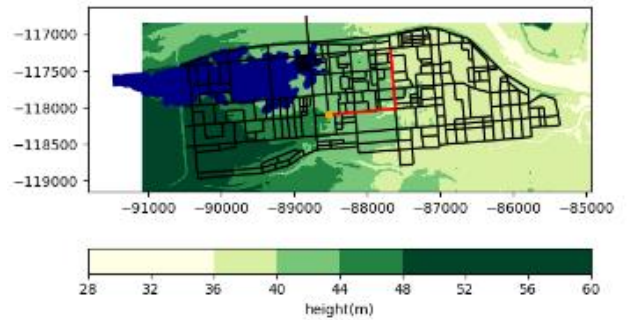
次に、関数形の係数 cd による避難者人数の推移を Fig.3 に示す。提案モデルは他2つのモデルに比べて高い避難者数を得ており、 $cd=1.0$ のとき最大避難者数をとる。このことから、最適な cd は1だと考えられる。

各避難開始時刻の各モデルの避難者人数を Fig.4 に示す。どの避難開始時刻においても、従来モデルより提案モデルのほうが避難者数が多く、さらに常時検索モデルより提案モデルのほうが避難者数が多い結果となっている。特に改善率が高かったのは $t=50\sim70(\text{min})$ のときであり、これは浸水域の広がる速度が大きかったために、浸水域を迂回する経路をとらない従来モデルでは浸水域に巻き込まれていると考えられる。

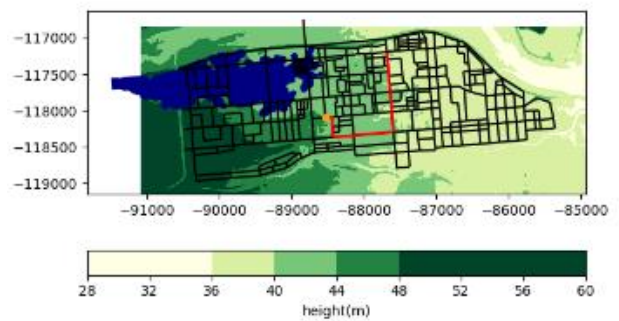
次に、改善率が最も高かった $t=60(\text{min})$ のときの3モデルの避難状況を Fig.5 に示す。黄点が避難できた人、紫



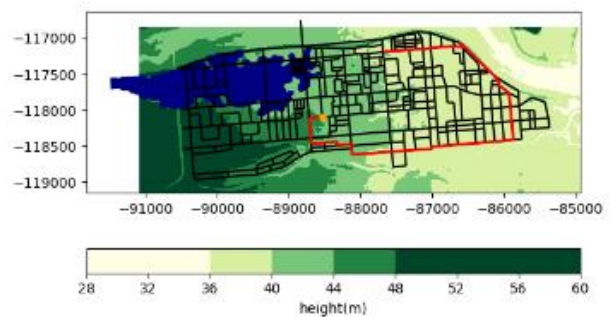
(a) 従来モデル



(b) $cd = 0.5$



(c) $cd = 1.0$



(d) $cd = 5.0$

Fig.2 Changes in evacuation routes by f_d

点が避難できなかった人を表す。

これより，(a)(b)はともに浸水域が広がる方向の避難者が避難できていないのに対し，(c)では浸水域周辺を除いて大部分が避難できていることがわかる。

なお，破堤条件や避難所の位置を変えたときには，従来モデルや常時検索モデルと同様の避難者数となることもあるが下回ることにはなかったため，実用的なモデルであると考えられる。

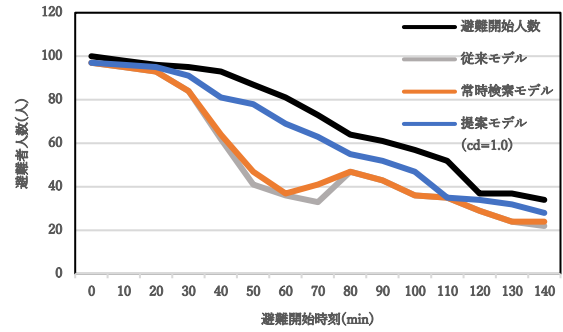


Fig.4 Number of evacuees at each evacuation start time

4. 結論

本研究では，浸水域の広がり考慮した新たな避難経路検索システムを開発した。提案モデルは，従来モデルと比べて約 16.5 (%)，常時検索モデルと比べて約 14.7 (%)の改善率が得られた。また，最大の避難者数を得る関数形の係数は $cd = 1.0$ であることを明らかにした。

参考文献

- 1) Ming, X., Liang, Q., Xia, X., Li, D. and Fowler, H. J.: Real-Time Flood Forecasting Based on a High-Performance 2-D Hydrodynamic Model and Numerical Weather Predictions, Water Resources Research, Vol.56, Issue 7, (2020)
- 2) 井上卓也, 中谷剛, 矢部浩規: リアルタイムの浸水予測を考慮した経路検索の試み, 土木学会論文集 B1(水工学)Vol.74, No.4, I_1291-I_1296, 2018.

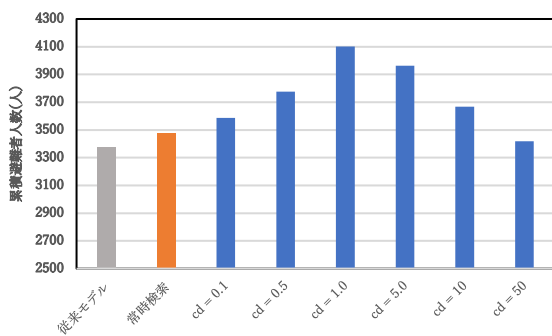
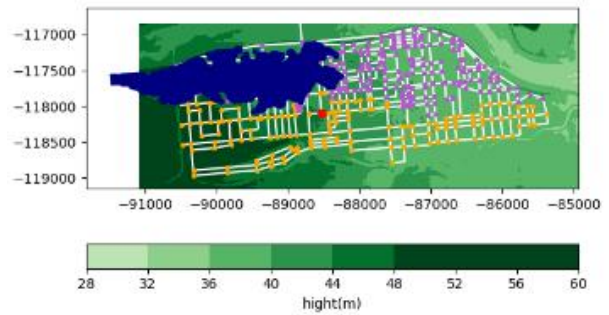
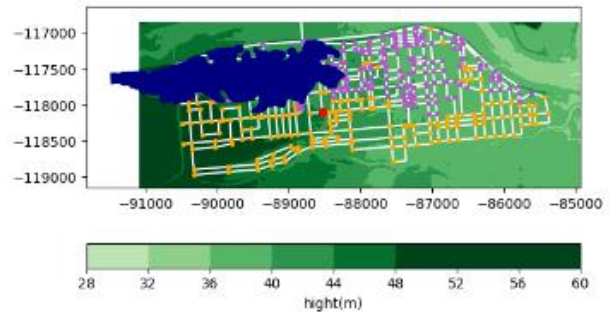


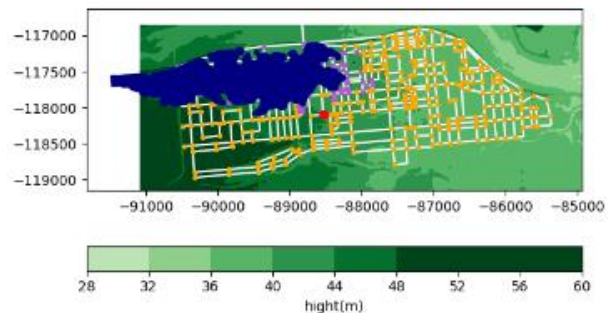
Fig.3 Changes in the number of evacuees by cd



(a) 従来モデル



(b) 常時検索モデル



(c) 提案モデル

Fig.5 Evacuation status of the three models