

水害の進展過程を考慮した避難支援に関する基礎的考察

琉球大学 学生会員 峰翔太 正会員 神谷大介 山口大学大学院 正会員 赤松良久 東京理科大学 大槻順朗

1. はじめに

日本は地震や津波、豪雨、竜巻等の多くの自然災害に見舞われてきた。なかでも豪雨災害においては突発的に発生することから避難判断が困難を極める。内閣府の避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドラインには豪雨時の避難は周りの浸水状況で判断すること、空振りを恐れず避難勧告を出すことが述べられている。牛山ら¹⁾が過去の豪雨災害における犠牲者の特徴を分析しており、豪雨時避難中に遭難してしまった犠牲者は全体の約1割を占めることが示されている。

また、豪雨災害では早期避難だけでなく避難行動中の対策が必要と指摘している。豪雨災害時の避難を促す研究はなされてきたが、避難経路、避難所配置に関する研究があまりなされていない。

以上より、本研究では氾濫解析による浸水深を利用し、道路ネットワークから見る危険な箇所を明確にするとともに、安全な避難経路と避難所配置、そして避難時間の算出を目的とする。

2. 須佐の概要

山口県萩市須佐は2013年7月に山口・島根豪雨災害における被災地の1つである。図-1に示すように木造平屋が多く、避難所は右岸側にだけ設けられている。65歳以上人口率は39%と高く、高齢者独居世帯は全世帯の約2割となっている。人口構成や建物、避難所の配置から見ても、須佐は豪雨災害に対して脆弱である。筆者ら²⁾が災害時の住民に関するアンケート調査を行った結果、全避難者の約5割の人が浸水深40cm以上のなか避難してきたことが述べられており、危険な状況下で住民が避難していることが理解できる。

3. 避難可能性を考慮した避難所の検討

GISデータベースにある道路ネットワークに大槻ら³⁾の氾濫解析の結果を重ね合わせることで、利用可能性の検討を行う。図-1は避難勧告発令時刻である11:00の浸水深を各経路に重ね合わせ、浸水深別に色分けを行ったものである。浸水深は自動車利用から20cm、膝下程度から40cmを設定した。図中央の須佐総合事務所と須佐公民館・須佐文化センターの周りの浸水深は40cmを超えており避難所として機能していない。さら

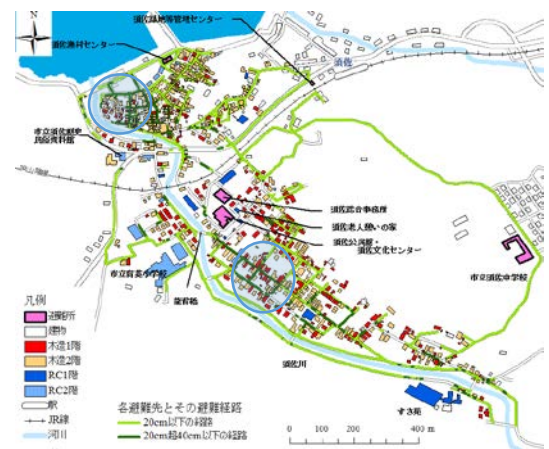


図-1 浸水深20cm以下と40cm以下の避難経



図-2 最短避難経路

に図中の青枠も木造平屋が多く、浸水深40cmを超える危険な箇所であることが分かる。

4. 避難経路の算出方法

ワーシャル・フロイド法を用いて計算を行う。アルゴリズムは以下の通りである。なお、 L はノード ij 間の距離、 n はノードの総数を示している。

$$\text{手順1 } L_{ij}^{(0)} = L_{ij}, m = 1, (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (1a)$$

$$\text{手順2 } L_{ij}^{(m)} = \min(L_{ij}^{(m-1)}, L_{im}^{(m-1)} + L_{mj}^{(m-1)}) \quad (1b)$$

手順3 $L_{ij}^{(m)} < 0$ のとき終了

手順4 $m = n$ ならば終了。

$m < n$ ならば2)から $m = m + 1$ として繰り返す

家屋の結節点にもノードを設けることで各家屋の避難経路算出を可能にした。結果を図-2に示す。各避難先で経路の色分けを行っている。図より左岸側の住民は川を渡っての危険な避難行動となる。



図-3 浸水深の総和を最小化した避難経路



図-4 早期浸水箇所を避ける避難経路

5. 最少危険度避難経路の検討

a) 最少危険度の考え方

避難先までに通る浸水深の総和を最小化した避難経路と早期浸水箇所を避ける避難経路の算出を目的とする。なお1つの経路に複数の浸水深が存在する場合は最大値を与えた。また、川を渡ることはないよう、川を渡る経路では浸水深を無限大とした。左岸側の住民は避難不可能となるため、左岸側に新たな避難所を追加し、避難経路を算出した。避難所は公的施設、かつ、RC造2階建ての両方を満たす市立須佐歴史民俗資料館と市立育英小学校を追加した。

b) 浸水深の総和を最小化した避難経路

浸水深は式(2)をもとに加える。 R_{ij} はノード ij 間の重み付き距離を表し、単位は m^2 である。 L_{ij} は距離、 D_{ij} は浸水深で、単位はどちらも m である。 α はウェイトを示し、一例として10としている。

$$R_{ij} = \alpha D_{ij} \times L_{ij} \quad (2)$$

各ノード間の重み付き距離行列を作成し、4章と同様に算出する。その結果を図-3に示す。

c) 早期浸水箇所を避ける避難経路

式(3)を用いて浸水深を加える。 Q_{ij} はノード ij 間の重み付き距離を表し、単位は $m \times \min$ である。 T_{ij} は早期浸水とみなす浸水深を設定し、その浸水深以上となった時刻とピーク時間との差を表す。対象時刻は9:00~12:30(ピーク)である。今回は自動車利用から20cm以上を早期浸水と判断する。結果を図-4に示す。

$$Q_{ij} = T_{ij} \times L_{ij} \quad (3)$$

d) 最少危険度避難経路の評価

図-3, 4に示す代表地点における3つの指標値を表-1に示す。代表地点は3章で示した青枠内で設けてい

表-1 代表地点における指標値の比較

避難経路	地点	避難距離 $\Sigma L(m)$		避難時間(min)		重み付き避難距離 $\Sigma R(m^2), \Sigma Q(m \times \min)$	
		最短経路	最小危険度	最短経路	最小危険度	最短経路	最小危険度
図-3	A	335	343	6	6	1053	1008
	B	228	228	4	4	1084	1084
図-4	A	335	455	6	8	18234	16531
	B	228	228	4	4	25980	25980

る。なお、歩行速度は一例として1.0m/sとしている。遠距離でも浸水箇所を避ける安全な避難経路を算出できたが、地点Bのように経路に変更が見られない場所やすさ苑のように避難不可能という場所も存在する。これらは早期避難もしくは近くの垂直避難可能な建物に避難する必要がある。

6. おわりに

本研究では浸水深を考慮することで経路からみる危険な箇所を図示し、最少危険度避難経路を算出した。結果として場所で異なる避難時間と経路を示すことを可能にした。これらを活用し、要配慮者の避難支援へとアプローチを試みる。

参考文献

1)牛山素行・高柳夕芳：2004~2009年の豪雨災害による死者・行方不明者の特徴,自然災害科学, Vol.29,No.3,pp.355-364,2010.
 2)神谷大介・赤松良久・渡邊学歩・大槻順朗・二瓶泰雄・上鶴翔悟：小規模集落における豪雨災害に対する課題と支援方策~萩市須佐地区を対象として~,2014.
 3)大槻順朗・二瓶泰雄・赤松良久：2013年7月山口・島根豪雨による須佐川における被災状況調査と解析,土木学会論文集B1(水工学),Vol.70,No.4pp.I_1447-I_1452,2014.