

避難所要時間による脆弱性の評価手法に関する研究

九州大学工学部 学生会員 ○池崎 大智 九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩
 九州大学大学院 正会員 川野 浩平 九州大学大学院 正会員 谷口 寿俊
 九州大学大学院 正会員 岡島 裕樹 九州大学大学院 正会員 佐藤 辰郎

1. はじめに

近年、平成 29 年 7 月九州北部豪雨や令和元年台風第 19 号などの大規模な災害が頻発し、避難行動の遅れによって多くの人的被害が発生している。こうした背景の中、各自治体では、災害時の避難行動に役立つ情報として、自然外力であるハザードを可視化したハザードマップを作成している。しかし、自然災害のリスクは、ハザードだけでなく、「ハザードによる被害の受けやすさ」である脆弱性を場所毎に考慮して評価する必要がある。脆弱性を評価する既存の取り組みとして、内閣官房¹⁾や菊本ら²⁾の取り組み例がある。特に後者の取り組みでは、自然災害への対策状況を表した統計データをハード面とソフト面に分けて整理し、その統計データと重み係数の積の和から脆弱性を定量的に評価している。具体的には、ハード面では戸建て耐震化率や橋梁修繕率、防災無線通信設備整備率など 14 の統計データ、ソフト面では米備蓄量やハザードマップの公開率、老年人口指数など 22 の統計データを用いている。この脆弱性評価の取り組みでは、災害発生の直後だけではなく、復旧・復興段階を含む災害対応サイクルを通した総合的な評価がなされている。しかしながら、避難判断への適用を考慮した場合、これらの手法では、時々刻々と変化する自然災害に対する脆弱性を評価してリスクを算出するには十分でないと考えられる。

そこで、本研究では避難行動に対する脆弱性の指標として、避難経路の状況を考慮して避難所までの避難所要時間を評価する手法について検討するものである。

2. 脆弱性の評価方法

2.1 脆弱性の定義と評価項目

避難所要時間を評価するにあたり、実際の避難所要時間と等速移動での避難所要時間の差（以下、「時間差」とする）を用いて評価する。時間差を生じさせる要因として、交差点、道路幅員や傾斜角などの道路状況の違いが考えられる。さらに、平成 29 年 7 月九州北部豪雨で被害を受けた福岡県東峰村において、これまでに災害リ

表-1 脆弱性評価項目

データ取得元	脆弱性評価項目	計上方法 (フィーチャタイプ)
数値地図 (国土基本 情報)	平均上り傾斜角	角度
	平均下り傾斜角	
	上り傾斜区間数	通過数
	下り傾斜区間数	(50m ライン)
	幅員 3m 未満区間数	通過数 (50m メッシュ)
	幅員 5.5m 未満区間数	
	幅員 13m 未満区間数	
災害リスク コミュニケ ーション	交差点 (要注意交差点を除く)	通過数 (ポイント)
	要注意交差点	通過数 (50m メッシュ)
	注意道路	
	危険な側溝	
	危険なブロック塀	通過数 (6.5m パツファ)
	危険な屋根瓦	
	老朽家屋	

スクコミュニケーションが実施されており、災害時に危険になりうる箇所の情報が収集されている。このような箇所は災害時に避難をする際、通過時に速度が減少し、時間差を生じさせる要因になると考えられる。これらのことを考慮に入れて、脆弱性の評価項目として表-1 に示す項目を設定する。

2.2 評価方法

時間差を分類問題として評価可能するために、所要時間を 1 分ずつに区切って分類し、時間差の近似値を評価する。分類問題の解決には回帰分析や分類問題に用いられる機械学習アルゴリズムの 1 つである Random Forests³⁾を利用する。時間差の評価には正解データが必要であるため、実際に避難所要時間を現地で計測する。教師データとテストデータは 3 : 1 の割合でランダムに分割し、教師データから学習し、テストデータで精度検証をする。これらの作業を精度の累積平均値の変動が 0.1% 内に収まるまで 100 回単位で繰り返す。評価精度としては、評価結果が正解した場合の割合である適合率と、評価結果として出てくるべき正解に対する実際に正解した場合の割合である再現率の調和平均である F 値を用いる。また、説明変数とした脆弱性評価項目ごとの評価結果に対する寄与率を算出し、その値からどの評価

項目が時間差に有意な影響を与えているか考察する。

3. 現地データ計測と分析方法

3.1 現地データ計測方法

福岡県東峰村の全建物から避難所までの避難経路の脆弱性評価項目を定量化し、各項目の値が全避難経路の中で大きい経路と小さい経路をそれぞれ選択する。選択した経路を実際に普通乗用車で走行し、速度と避難所要時間を記録する。所要時間を計測する走行経路と、走行中にラップタイムを計測する地点を図-1に示す。ラップタイムの計測地点は、連続する経路の長さが1km以上となる地点に設定する。その結果、表-2に示す33区間の走行速度、避難所要時間の現地データを計測した。

3.2 収集データの分析と考察

計測した時間差のデータを1分間隔に区切って分類し、その分類クラスを説明変数とする。そして、全ての脆弱性評価項目から時間差を評価し、寄与率を算出する。その結果として、評価精度を表-3、F値が最大となった時の寄与率を図-2に示す。F値の最大値は0.78と比較的高い精度で評価することができたが、最小値は0.07と非常に低くなった。精度に大きな差があるのは、ランダムに分割した教師データとテストデータに偏りが生じているためと考えられる。寄与率が比較的大きくなった項目は下り区間数、上り区間数、幅員3m未満区間数であった。避難経路の50m経路区間は下り区間か上り区間のどちらかに分類されるため、全ての経路で必ず時間差に影響している。平均下り傾斜角と平均上り傾斜角は、下り区間数と上り区間数と同様に全ての経路に存在する項目である。しかし、区間ごとの傾斜角が時間差に影響を与えるかは確率的であるため、寄与率が低くなっていると考えられる。幅員3m未満区間では、現地計測での走行時、走行速度を落とす事例が多かったため、時間差への影響が高くなったと考えられる。5.5m未満や13m未満の区間では走行速度に影響が出なかったため、寄与率が低くなったと考えられる。それら以外の交差点などの項目は一部の経路にしか影響しない項目であるため、寄与率が低くなったと考えられる。

4. おわりに

本研究では、避難行動に対する脆弱性の指標として、避難経路の状況を考慮して避難所までの避難所要時間を評価する手法について検討し、現地での計測データを教師データとして、脆弱性に影響する項目について検討

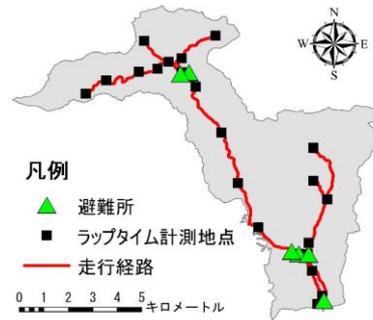


図-1 現地調査走行経路

表-2 現地調査収集データ

時間差			
マイナス	5 データ	平均値	32 秒
1分以内	19 データ	最大値	120 秒
2分以内	9 データ	最小値	-29 秒
距離			
平均値		1.97km	
最大値		3.35km	
最小値		1.09km	

表-3 評価精度(繰り返し回数:200回)

評価指標	F 値	正解率	適合率	再現率
平均値	0.29	0.45	0.27	0.36
最大値	0.78	0.78	0.90	0.78
最小値	0.07	0.11	0.07	0.07
標準偏差	0.13	0.12	0.14	0.16

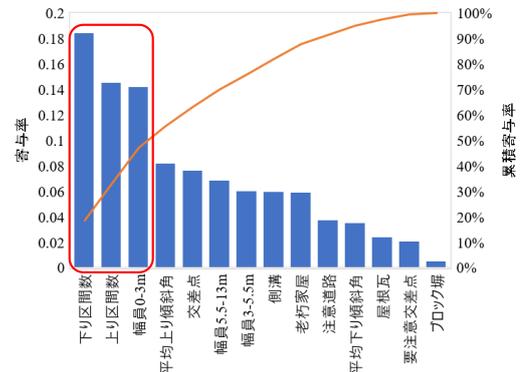


図-2 各脆弱性評価項目の寄与率

した。その結果、上り・下り区間数と幅員3m未満区間数が脆弱性に大きく影響することを明らかにした。今後は、これら3つ以外の時間差への影響が確率的な項目を考慮した評価手法について検討する予定である。

<謝辞>

本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」の一部として実施されました。

<参考文献>

- 1) 国土強靱化推進本部：脆弱性評価の結果，平成30年8月，https://www.cas.go.jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/honbun_180806.pdf
- 2) 菊本統，下野勘智，伊藤和也，大里重人，稲垣秀輝，日下部治，我が国の自然災害に対する統合的リスク指標，土木学会論文集F6(安全問題)，73(1)，43-57，2017
- 3) 波部齊，ランダムフォレスト，情報処理学会研究報告，vol.2012-CVIM-182 No.31，2012