

## 災害時における避難指示灯の効果に関するシミュレーション

金沢大学環境デザイン学類 学生会員 ○高山恵里花  
 金沢大学地球社会基盤学系 正会員 池本敏和  
 金沢大学総合技術部 正会員 小川福嗣  
 金沢大学地球社会基盤学系 正会員 宮島昌克

## 1. 研究の背景と目的

我が国では地震が多く発生しており、近年では2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震が、2016年4月14, 16日に熊本地震が発生した。このような災害発生時において、人的被害は逃げ遅れやパニックの発生により拡大すると考えられ、多くの課題が存在する。

大規模災害時において人的被害を軽減するためには、災害発生時に被災しうる人々に適切な情報を発信し、迅速かつ安全な避難行動を促すことが重要である。そこで、本研究では、避難と指示灯の設置に注目し、避難経路の危険性を評価することで、どのように指示灯を設置すれば安全に避難ができるのか、シミュレーションを用いて検討を行う。



図-1 金沢市野町地区

## 2. 対象地区

本研究では、対象地区を図-1で示す金沢市野町地区とする。この地区は、にし茶屋街や寺町寺院郡などの観光地があり、元々城下町であるため、戦災を受けておらず、細街路が多い。ゆえに、観光客などの非居住者が道路事情や避難所を把握しているとは限らないため、避難が困難である可能性がある。さらに、幅員が狭い箇所では、塀の倒壊などによって避難路での被災が起こりやすいと考えられる。



図-2 危険箇所の位置

## 3. 解決案の提案

対象地区は、細街路が多いため、土地勘のない非居住者にとってはスムーズな避難が難しいこと、地震発生時に塀の倒壊などによって通行不可能になる可能性が高いことが課題として考えられる。これらの課題を解決するには、避難路に指示灯を設置し、危険箇所を回避することが効果的ではないかと考えた。そこで、対象地区の危険箇所を選定し、マルチエージェントシミュレーションを用いて、指示灯を設置した場合の避難行動の比較、検討を行う。

表-1 危険箇所の諸元

	幅員(m)	塀の高さ(m)	瓦屋根の高さ(m)
①	2.5	1.3	4.0
②	2.3	1.9	4.6
③	3.1		6.2
④	2.0	2.3	5.0
⑤	2.0	2.4	5.0
⑥	3.5		7.0
⑦	3.6	2.9	5.5
⑧	2.6	2.0	
⑨	3.2	2.6	5.2
⑩	3.4	2.7	
⑪	1.7	2.0	4.0
⑫	2.0		6.0
⑬	2.0	2.3	

## 4. 避難行動の検証

危険箇所すべてに指示灯を設置するのは経済的ではないため、ここでは、迅速で安全な避難と経済的なバランスが最適となる指示灯の設置位置を考えることを目的としたシミュレーションを行う。

## (1) 危険箇所の選定と順位付け

危険箇所の基準として、災害対応機能<sup>1)</sup>(延焼防止効果など)から幅員は4m以上が望ましいとされているため、幅員が4m未満かつ、塀や瓦が避難路に崩壊する向きにあることとする。選定した危険箇所を図-2に、その諸元を表-1(13箇所)に示す。また、表-2に示すような重みで危険箇所に順位付けを行った。二次災害が起こる危険度が高い順に、12>4, 5, 11>2, 7, 9, 13>6>1, 3, 8>10である。

## (2) 避難行動の条件

危険箇所は二次災害（塀の倒壊，屋根瓦の落下等）を防止するために通行不可能とする。各エージェント（以下，避難者とする）は，居住者を想定し，各居住地（番地ごととし，全 80 か所）から拠点避難所へ向かうものとする。避難者は出発地点から避難所までの最短経路を選択するため，指示灯がある場合は通行不可能箇所を回避することができ，指示灯がなければ，引き返して経路の選択を再度行う。避難速度は，平成 30 年に行われた大規模避難実験<sup>2)</sup>のデータより求めた避難者の平均速度 1.05(m/s)とする。また，信号機や避難路の混雑による速度低下は考慮しない。危険度が小さい箇所から指示灯を減らし，危険箇所のすべて（13 箇所）に指示灯を設置，約 9 割（12 箇所）に指示灯を設置，約 7 割（9 箇所）に指示灯を設置，約 6 割（8 箇所）に指示灯を設置，指示灯を設置しない場合の全部で 5 パターンのシミュレーションを行う。

表-2 各避難路の危険度

	階級	危険度
幅員	2m未満	3
	2m以上3m未満	2
	3m以上	1
塀(塀の高さ/幅員)	1.0以上	4
	0.8以上1.0未満	3
	0.6以上0.8未満	2
瓦	0.6未満	1
	7m以上	4
	6m以上7m未満	3
	5m以上6m未満	2
	5m未満	1

表-3 避難完了までにかかった時間

	指示灯あり				指示灯なし
	すべて(13箇所)	9割(12箇所)	7割(9箇所)	6割(8箇所)	
平均避難時間 (s)	559.6	559.6	585.2	595.7	620.4
最短避難時間 (s)	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7
最長避難時間 (s)	828.6	828.6	904.8	904.8	952.4

## (3) 検証結果

5 パターンの避難完了までにかかった時間を表-3 に示す。最短避難時間は，全パターンで変わらず，すべての指示灯ありと 9 割設置の場合で平均・最短・最長避難時間が同じ結果になった。また，最長避難時間において，7 割と 6 割の場合で同じ結果となった。

## (4) 検証結果の考察

すべての指示灯ありと 9 割の場合で(3)より，10 番の危険箇所の指示灯は効果を発揮していないことがわかる。ゆえに，10 番の危険箇所に指示灯を設置しなくとも，すべて指示灯ありの場合と同じく迅速で安全な避難が可能である。最長避難時間に注目すると，9 割と 7 割の場合での最長避難時間の差が 76 秒であり，これは指示灯なしの最長避難時間 ( $76.2/952.4=0.08$ ) の約 1 割となる。以上から，迅速な避難を考慮すると，指示灯の設置を 9 割から 7 割にした場合，避難行動に影響を与えられらる。また，7 割と 6 割に指示灯を設置する場合の避難行動は，最長避難時間が同じことから，その差は僅少であると言える。

## 5. 結論

すべての指示灯ありと 9 割の場合で結果が同じこと，また，9 割の場合と 7 割の場合での最長避難時間の差が，指示灯なしの最長避難時間の約 1 割減であり，避難行動時間に影響を与えていると言える。この結果より，最適な指示灯の設置箇所は，危険箇所の約 9 割（12 箇所）に設置する場合がよいと考えている。今回は，避難路の危険度に注目し，指示灯の設置箇所を減じた効果を最長避難時間を基に検討したが，今後は，避難者数，避難路を通行する人数や回数にも注目する必要があると言える。

## 謝辞

マルチエージェントシミュレーションを用いたモデルの構築に関してご協力いただきました構造計画研究所の玉田正樹氏に心より感謝申し上げます。本研究は科研費（18H01677-02）の援助を受けた。

## 参考文献

- 1) 土岐悦康，高見沢邦郎，井上赫郎，井上隆：「2 項道路」における 4 メートル幅員の意義とその実現について，都市計画論文集，18 巻，pp.344，1983。DOI <https://doi.org/10.11361/journalcpj.18.343>
- 2) 山崎智大，池本敏和，小川福嗣，高田良宏，芹川由布子，宮島昌克：第 42 回 情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集，R93，2019。