

安心・安全な地域づくりのための ICT 活用による避難共助アプリケーションの 開発と社会実装

金沢大学大学院環境デザイン専攻 山崎 智大
石川工業高等専門学校建築学科 小川 福嗣
金沢大学メディア基盤センター 高田 良宏

1. 地区の特徴

研究対象の寺町地区は、にし茶屋街や寺町寺院群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。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、災害時等における迅速な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経路の変更を余儀なくされる可能性も高い。



図-1 金沢市野町地区

2. 試作アプリの改良について

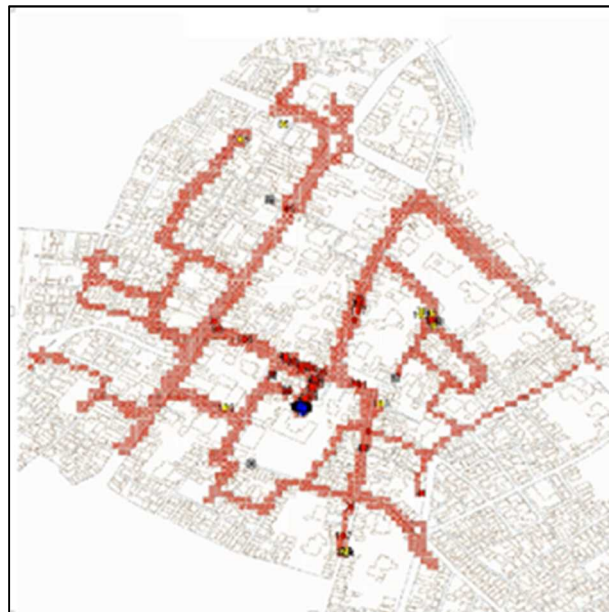
平成 30 年 8 月に行った避難実験の際に用いた試作用アプリケーションについて、同実験での使用感に関する被験者へのアンケートや実験データの考察により、機能面での改良点を抽出した。具体的な改良点として、①アプリ上に示される各アプリ使用者アイコンの移動方向がわかるようにする、②アプリ使用者が密集した際に、使用者本人のアイコンが隠れてしまうことを防ぐ、③使用者本人のアイコン自体を他者のアイコンより大きく表示し、より明確にする、などが挙げられた。これらの改良点を取り入れた評価用アプリケーションへの改良を行うとともに、共助避難を支援するシステムとして開発を行った。

3. 避難行動の把握及び災害発生シナリオの策定について

平成30年度8月に行った避難実験で得た被験者の行動データログを用いて、避難者の動きを可視化できるマルチエージェントシミュレーションの作成を行った。想定する災害の被害状況、観光客など非居住者を含む避難者数、避難行動のパターン、などの条件を変化させシミュレーションを行った。その結果、実験時の避難者のログデータに沿う、シミュレーションを行うことが可能となった(図2)。このことは、大規模避難実験を行えない場合にも、避難行動の分析や避難困難者を助けることができる可能性を示唆していると考えている。



(a) 避難スタート時



(b) シミュレーション結果



(c) 避難実験後の行動ログデータ

図2 マルチエージェントシミュレーションによる避難者の行動履歴図

4. 対象地域へのアンケート調査及び経路誘導

平成30年8月に行った避難実験では、被験者が避難所までの最短経路を通過しているとは限らないことが明らかとなった。そのため、避難経路の選択に関するアンケートを実施した。また、金沢市野町地区の道幅や景観の現地調査の結果、被験者は避難経路の道幅や視界が開けているかなどを考慮していることがわかった。細街路の多くは見通せないこと、夜間でも避難する可能性があることから、マルチエージェントシミュレーションにより避難指示灯による避難者の誘導について調査する。

5. 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

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った。

5.1 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、避難経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。

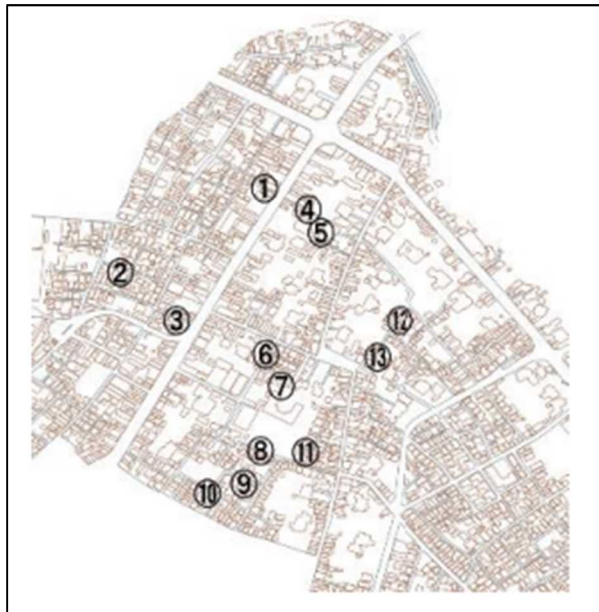
5.2 避難行動の検証

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（延焼防止効果など）から幅員は 4m 以上¹⁾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 3 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。

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	

図 3 危険箇所の位置

(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
	0.6未満	1
瓦	7m以上	4
	6m以上7m未満	3
	5m以上6m未満	2
	5m未満	1

(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。

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

(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れる。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考えられる。

6. 結論

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

- 1) 避難時の情報共有に有効なアプリケーションへの改良を行うとともに、共助避難を支援するシステムとして開発を行った。
- 2) 避難実験で得た被験者の行動データログを用いて、それと合致するような避難者の動きを可視化できるマルチエージェントシミュレーションの作成を行った。
- 3) 被験者が避難所までの避難経路の決定に関するアンケートを実施した。また、避難路の道路幅員や景観の現地調査を行った結果、被験者は避難経路の決定の際に、道路幅員や視界が開けているかなどを考慮していることが明らかとなった。
- 4) 避難指示誘導の設置に関するシミュレーションを実施した。その結果、最適な避難指示灯の設置箇所は、危険箇所の約 9 割（12 箇所）に設置する方がよいと考えられる。

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について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 本研究は北陸地域づくり協会の助成を受けた。ここに謝意を表します。

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>