

観光客避難誘導策定支援システム

—従わない人のモデル化—

江守 直人^{*1} 北村 尊義^{*2} 泉 朋子^{*2} 仲谷 善雄^{*2}

Evacuation Guidance Development Support System for Tourists

- a behavior model of tourists who disobey the guidance -

Naoto Emori^{*1}, Takayoshi Kitamura^{*2}, Tomoko Izumi^{*2} and Yoshio Nakatani^{*2}

Abstract - This study proposes a system that can evaluate the effectiveness of various evacuation guidance methods for tourists from disaster areas to specific safe destinations based on computer simulation. Most of evacuation guidance has targeted residents, with little consideration for visitors to the area such as tourists and business people. This system implements the *phased evacuation guidance method* and can simulate evacuation process on the map based on basic information such as the starting point, emergency evacuation spaces, eventual evacuation shelter, the number of evacuees and percent of the disobey people, all of which are specified by the user. The latest version of the system considers the model of evacuees who do not obey evacuation guidance and would travel to the railway stations and so on. The effectiveness of the system is to be tested by simulation in Kyoto, the most popular tourist destination city in Japan.

Keywords: Evacuation guidance, Simulation system, Tourists, Evaluation support, Kyoto

1. 背景

地震大国である日本では、東日本大震災を経験した今、防災・減災対策に注目が集まっている。さらに、東南海地震や南海地震、首都直下地震など、近い将来に大規模な地震被害が発生することも懸念されている。南海トラフ巨大地震では、最大で32万人が死亡するという大規模な被害や、帰宅できない帰宅困難者が多数発生すると予測されている^[1]。

一方、2007年に施行された観光立国推進基本法の規定に基づき、2012年度から新たに観光立国推進基本計画が策定された^[2]。日本に災害が多いことは世界的に知られており、観光客を数多く招くためには、観光客向けの災害対策を充実させ、そのことをアピールすることが必要である。しかし、これまでの災害対策の多くは住民を対象としており、観光客などの非住人を対象としていない。また災害防災をアピールすることで、逆に不安感などのマイナスイメージを持ち、危険であると思われるのではないかと危惧する人たちもいる。しかし、観光客を災害から守ることをキャッチフレーズとし、実際に災害対策に注力することで、観光立国としての評価上げることができるとともに、地域住民の生活も守ることができる。

1.1 観光客の特徴

災害時の観光客の意識・行動傾向を把握するために、

我が国でも代表的な京都市の観光客の傾向について調査が行われている。住民との違いを明確化するため、災害発生時の観光客の特性を以下に整理する。これは京都の観光客の調査内容^[3]を参考にし、一般的に考えられる事項を考慮してまとめたものである。

- 土地勘がなく、避難場所や避難すべき方向、避難に要する時間等の見当をつけることが難しい。
- 帰宅する、被災地から逃れる、または情報収集のため、鉄道の駅周辺などに集まる傾向にある。
- 家族と離れている場合、連絡をとろうとする。
- その土地の災害特性の知識が乏しい。
- 不安感を持ちやすい。
- 非常に多数の他の観光客と一緒に行動せざるをえないため、精神的なストレスを感じやすい。

1.2 本研究の目的

観光地では災害発生時、国内外からの土地勘のない観光客が多数いるため、大きな混乱が発生することが考えられる。群集災害や2次被害の発生確率については、災害の発生規模や防災施設の整備状況だけでなく、避難状況によっても大きな差が生じる。そこで、被害情報の収集と災害情報の伝達、および避難誘導を的確かつ迅速に行うことが重要である。適切な避難誘導方法を災害発生時に検討する時間的余裕はなく、避難誘導方法をあらかじめ検討し、避難誘導のためのガイドラインを事前に設計しておく必要がある。避難誘導方法の検討を行う際には、被害状況、観光客を含む避難者の状況、交通機関の運行状況、気象条件など様々な状況を考慮して検討を行

*1: 立命館大学院 情報理工学研究科

*2: 立命館大学 情報理工学部

*1: Graduate School of Engineering Ritsumeikan University

*2: College of Information Science and Engineering Ritsumeikan University.

う必要がある。このような複雑な状況の検討を紙上で行うことは非常に困難である。そこで、検討された避難誘導方法を適用した際の観光客の移動状況を計算機上でシミュレートし、様々な観点から比較・分析できるようにすることで、より効率的に、避難時間や避難コストに対する最適な避難誘導方法を求めることができるツールの開発を目的とする。

2. 関連研究

2.1 避難行動シミュレータ

計算機を用いて人間の避難行動をシミュレートする試みはこれまでも数多く行われてきた。しかし、建物や町の構造と避難行動の関係の評価など、観光客を対象とした広域避難誘導方法そのものの評価を目的としたシステムはほとんどない。

一方でマルチエージェントシミュレーションは、エージェントとしてモデル化された個々の行動要素（避難者）が意思決定を行いながら全体としてシミュレーションを行うシステムである。そのため位置情報だけでなく、避難者間の影響など社会的インタラクションも考慮に入れてシミュレーションを行うことができ、実際の避難者行動を、意思決定過程も含めて精緻に計算できる。しかし個々の避難者単位で計算が行われるため、大規模なシミュレーションを行うためには高性能な計算機を必要とする。また、避難者に与える避難指示や避難経路を変更するユーザインタフェースには優れておらず、様々な避難誘導方法を入力しシミュレート結果を得るには手間がかかる。

2.2 段階的避難誘導方法

日本には、多くの観光地がある。京都市は日本を代表する観光都市であり、観光客防災の取り組みが具体的に行われている。京都市では、広範囲に点在する観光地にいる観光客を安全に目的地に避難させるため、仲谷らが提案した段階的避難誘導方法という新しい誘導方法を検討し、その実効性を高めるべく活動を行っている。

段階的避難誘導方法は、広域の観光地に分散している観光客を、町の中央に位置する鉄道駅に、集中することなく安全に避難させるため、時差を設けながら順番に避難させていく方法である^[4]。時差を設けるために、観光スポットと駅の途中に、観光客を一時的に退避させるバッファとして緊急避難広場を設けるとところに特徴がある。

表 1 緊急避難広場の実例

Table 1 Examples of the temporary evacuation shelters.

清水・祇園地域	嵯峨・嵐山地域
清水寺	天龍寺
高台寺	二尊院
八坂神社	常寂光寺
東本願寺	清涼寺
霊山護國神社	トロッコ嵯峨駅
八坂女紅場学園	

京都国立博物館

表 1 に、現在検討が進んでいる清水・祇園地域で実際に指定されている緊急避難広場を挙げる^[5]。

2.3 本研究の位置付け

本研究では、観光客に対し避難経路や一時滞留場所、最終避難場所を具体的に指定する避難誘導法の検討に着目している。住民の避難行動をモデル化したシミュレータでは、このような避難誘導の検討が難しい。

本研究では、避難者の対象を観光客とし、観光客の避難誘導方法の検討を補助することを目的に、広範囲にわたる地域の避難行動時の状況をシミュレートできるシステムを提案する。災害時、住民と観光客の避難行動は異なるため、提案システムでは観光客の行動モデルを避難行動モデルとして適用する。提案システムでは誘導方法の変更等の操作が簡易に行え、かつシミュレーションの結果によって誘導方法の検討が可能なデータを出力する。

3. 前段階研究

3.1 前段階研究の概要

前段階研究は、与えられた様々な避難誘導方法に対して、観光客がどのように移動するのかをシミュレートし、誘導方法の有効性を評価するためのデータを提供する。得られたデータは誘導方法の検討に用いられるため、視覚的に避難状況が理解できるインタフェースと定量的なデータを提供する分析機能が必要である。避難に必要な基礎データである「避難開始位置」「最終避難場所」「避難人数」の設定を行えば、避難誘導経路が表示され、基本的なシミュレーションが可能である。シミュレーション開始後の画面では、1 秒がシミュレーション対象の時間の 1 分に相当するように避難状況が表示される。

また、京都市で検討している段階的避難誘導方法をシミュレートするため、広域に分散した複数の出発地、最終目的地として複数の駅、その途中に複数の「緊急避難広場」を設定できるようにした。また、時差を設けるために緊急避難広場では、滞留時間を設定できるようにした。滞留時間や緊急避難広場を適切に選択することによって、避難者の群集が合流することによって発生する群集災害の危険性を軽減することが可能となる。

図 1 に清水寺から緊急避難広場(円山公園)を通り京都駅までの避難経路を示す。

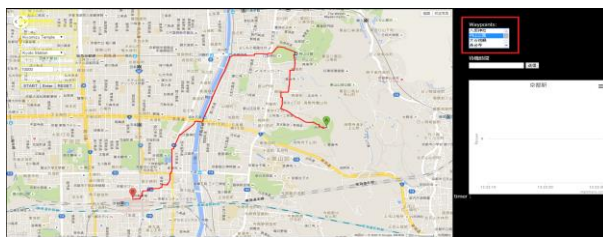


図 1 緊急避難広場(円山公園)

Fig.1 Emergency evacuation space at Maruyama Park.

3.2 観光客数の視覚化

前段階研究では、目的地に避難者が到着すると、デー

タとして到着者数を集計はしているものの、画面表示としては群集を表している赤いラインが収容した人数の長さだけ消えるだけで、その空間にどれだけの人数が収容されているかを視覚的に把握できなかった。実際の避難誘導では、ある空間（施設や広場）に収容できる人数が限られているので、避難者が道路や駅周辺に溢れかえってしまう可能性があり、そのことを視覚的に表現することで、混雑の状況がシミュレーション途中でも把握できる。そこで、毎秒ごとに避難者の数を更新する動的グラフを利用し、ある空間における避難者数を視覚的に表現した。

図 2 に観光地の中心に位置する京都駅を対象とし、避難者の視覚化を行ったシステム画面を示す。

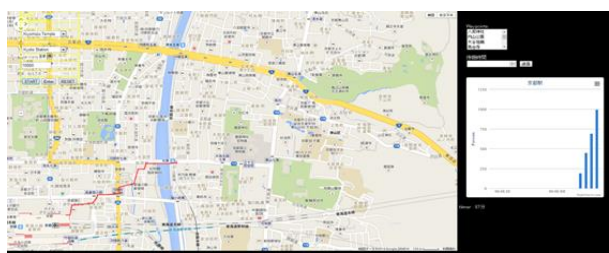


図 3：京都駅にいる避難者数の視覚化

Fig.3 Visualization of the number of evacuees in Kyoto station

3.3 前段階研究の評価

前段階研究に対して、京都市の防災危機管理室 4 名に評価アンケートとヒアリングを行った。システムの操作性や避難状況、避難時間、避難経路の確認が容易であるとのコメントが得られ、広域避難誘導方法策定支援ツールとしての有効性を示すことができた。京都駅を対象とした視覚化グラフについても避難人数を把握するためには有効との評価を得た。

一方で、改善点として以下の点が挙げられた。

- 避難者の行動モデルが理想的な状況をベースとしている。実際に起こりうる避難指示や避難経路に従わない人々の行動も把握したい。

4. システムの内容

4.1 システムの提案

本前段階研究で開発したシステムでは、避難経路を指定しシミュレートを開始すると、避難者は必ず避難経路に従って移動をすると想定していた。しかし実際の災害時には、避難経路や避難指示に従わずに避難行動する人々がいると考えられ、前段階研究の評価実験でもこれらを考慮する重要性が指摘された。そこで本研究では、避難指示に従わない避難者の行動モデルを定義し、システムに取り組み、その状況を可視化することを目指す。

避難指示に従わない人々の行動モデルを定義するには、災害状況における避難者の心理特性を考慮する必要がある。災害状況における心理的特性として、正常性バイアスと多数派同調バイアスが知られている^[6]。また、1.1 章

述べたように帰宅、被災地から逃れる、被害情報を集めるなどの理由から、主要な駅周辺に集まる傾向がある。

本システムでは、災害心理特性の多数派同調バイアスと観光客の特徴をシステムに反映し「従わない人々のモデル化」を導入する。

4.2 外部仕様

4.2.1 避難経路の入力

本システムは、避難に必要な基礎データである「避難開始位置」「最終避難場所」「避難人数」に加えて「避難指示に従わない人々の割合」を入力することで基本的なシミュレートが可能である。それらを入力すると、システム画面上に避難経路が赤いラインで表示され、避難指示に従わない人々が通る「避難開始位置」から「最寄駅」までの経路が青いラインで表示される。それぞれの経路は最短経路で表示をされるが、経路をドラッグすることで避難経路を変えることが可能である。図 4 は「避難開始位置」を「清水寺」と「最終避難場所」を「京都駅」と指定した場合の避難経路である。この際、従わない人々の経路は「最寄駅」である「清水五条」となる。

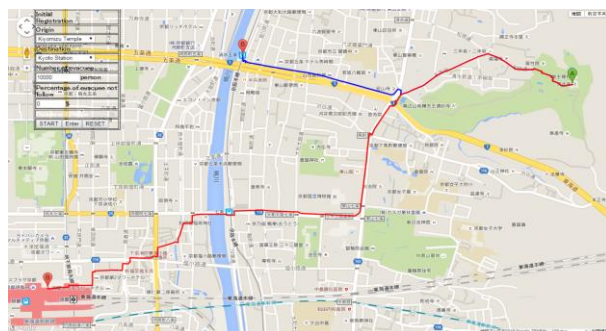


図 4：清水寺から清水五条、京都駅までのルート

Fig.4 The route from Kiyomizu temple to Kiyomizu gojo and Kyoto station.

4.2.2 シミュレートの開始

避難経路の入力後、Enter ボタンを押すとそれぞれの避難経路情報が登録され、Start ボタンを押すとシミュレーションが開始される。図 5 に「避難開始場所」を「清水寺」、「避難人数」を 10,000 人、「避難指示に従わない人々の割合」を 30%としたときのシミュレーションの途中経過を示す。

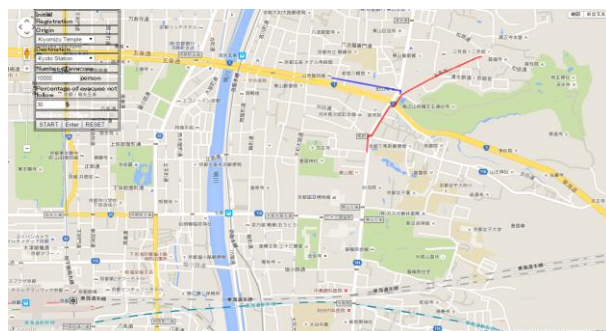


図 5：シミュレート開始後の様子

Fig.5 The situation in the process of evacuation

4.2.3 駅周辺の滞留状況

避難者が「最終目的地」や「最寄駅」に到着すると、人々の滞留状況の視覚化を地図上に行う。避難経路に違った人々の滞留状況は赤い円で表示を行い、従わない人々の滞留状況は青い円で地図上に表示される。到着した避難人数によって最終的にできる円の大きさが変化する。また、図6に青い円から他の避難経路移動中の人々が駅付近を通ると避難指示に従わない人々が発生する判定エリアを設けた。判定エリアは、「最寄駅」から上下左右に約200mで設定を行った。

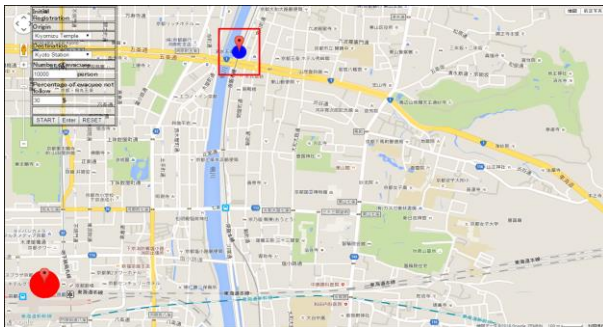


図6：駅周辺の滞留状況

Fig.6 Congestion situation of station surrounding.

4.2.4 複数の避難経路のシミュレーション

本システムは、複数の避難状況を地図上に表示することが可能である。図7に「清水寺」から「京都駅」と「八坂神社」から「京都駅」を設定し、登録したときの避難経路を示す。



図7：複数の避難経路の設定

Fig.7 Setting of the plural evacuation route.

この時、「八坂神社」から「京都駅」まで避難経路途中に「清水五条」の群集があり、青い円からの判定エリアの中に入ると、これまで避難指示に従っていた人々が従わなくなる可能性について考慮する。また、避難経路の途中で駅を通らないルートを選択することにより、最終的に地図上に表示されるそれぞれの円の大きさが変化する。それにより、円が表示されている場所に群集の人数を視覚的に理解ができる。

避難経路途中で駅付近を通る場合を図8に、避難経路途中で駅を通らない場合を図9に示す。

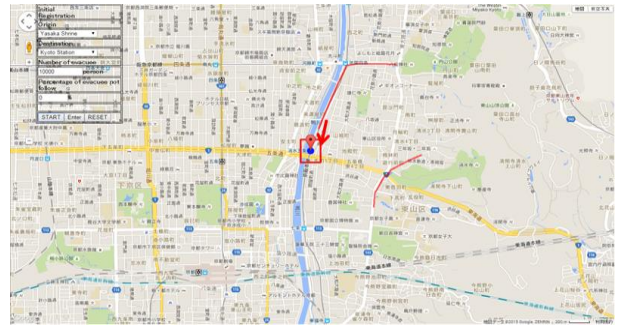


図8：避難経路途中で駅付近を通る場合

Fig.8 Simulation in case of evacuees passing near the station.

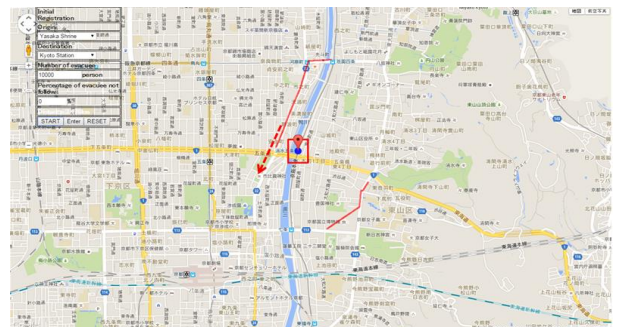


図9：避難経路途中で駅付近を通らない場合

Fig.9 Simulation in case of evacuees not passing near the station.

5. あとがき

今後はさらに避難者モデルにより多くの要因を考慮するようにしたい。

6. 参考文献

- [1] 内閣府：平成22年版防災白書、2015/7/6
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h22/index.htm>
- [2] 国土交通省観光庁：観光立国推進基本計画、
http://www.mlit.go.jp/kankocho/kankorikkoku/kihonkei_kaku.html
- [3] 京都市産業観光局：京都市観光調査年報、2011.
- [4] 仲谷善雄：京都市における災害時の観光客避難誘導ガイドラインの研究報告書、平成21年度京都市防災危機管理対策調査研究に係る助成金報告書、2010.
- [5] 京都市：観光客等帰宅困難者の緊急避難先の全市域拡大に向けた協定締結式の開催について～世界文化遺産施設や人気観光地の施設等の緊急避難先指定～、
http://www.city.kyoto.lg.jp/gyozai/cmsfiles/contents/0000179/179926/kitakukon-nan_kyoutei270318.pdf
- [6] 防災システム研究所：防災・危機管理心理学、2015/7/8、<http://www.bo-sai.co.jp/bias.htm>