

# 観光客の広域避難誘導方法の評価支援システム

## Evaluation support system of large area tourist evacuation guidance

衣笠 成輝 仲谷 善雄  
立命館大学 情報理工学部

### 1. はじめに

本研究は避難誘導の分野において、観光客を安全かつ効率的に目的地まで誘導する方法を検討するためのツールの構築を目的とするものである。

地震などの大規模災害では広い範囲において被害があり、観光客が安全に目的地まで移動するには、安全な避難経路の確保と的確で迅速な避難誘導が必要となる。従来から避難誘導に関する研究は行われてきていたが、住民を対象としたものがほとんどであり、広範囲に分布する観光客をどのような方針で安全かつ迅速に避難誘導すればよいかの検討は行われて来なかった。防災はこれまで住民中心で検討されてきたのである。

避難誘導時の避難者の行動を分析することは解析的には困難であり、計算機シミュレーションが適切な方法と考えられる。土木分野では以前から避難行動の計算機シミュレーションが行われてきたが、観光客を対象とした広域避難誘導方法の検討を行うためのシステムはない。本研究では、地震発生時に観光客を避難誘導する適切な方法を検討するためのツールを構築する。観光客の行動モデルを実装し、ユーザが様々な避難誘導方法を指定すると、行動モデルに基づいて観光客が避難する状況を模擬できる。本システムの有効性を検証するため、観光客が我が国でもっとも多い京都市を対象として、段階的避難誘導方法という新しい避難誘導方法の効果を検証する。

### 2. 広域避難誘導に関する研究動向

これまでも広域避難誘導に関する研究は行われてきた。研究例としては、GPS 付き携帯電話と FreeWalk と呼ばれる仮想都市空間を使って、災害発生時、各避難者を個別に避難誘導するもの[1]や、街角の至る所に無線情報機器を設置し、災害発生時、それらに携帯電話から災害情報を入力することにより安全な避難誘導を提供するもの[2]などがある。これらは全避難者が携帯電話を保有していることが前提で、かつ規模の制約が大きいという課題がある。立命館大学の仲谷らが提案した避難誘導方法は、時差を設けながら順番に避難させていく方法である[3]。時差を作るため観光客を一時的に退避させるバッファとして防災中継拠点を設けているところに特徴がある。観光地の現場協力者（土産物店など）から現場の状況を報告してもらい、その情報から誘導方法を決定し、その内容を現場協力者に伝達して最初の誘導をしてもらうものである。現場協力者は随時避難状況を伝達し、それに伴って誘導方法を変更する。避難者各人に GPS 付携帯を持たせるといような制限がないため実用的であると言える。仲谷らの方法については、実システムによる検証は行われておらず、京都の清水寺周辺を舞台に計算機シミュレーションを用いて仮想的に検証されている。

ユレーションを用いて仮想的に検証されている。

### 3. システム概要

#### 3.1. 本研究のシミュレータ

広域避難誘導の有効性を、多数の観光客の参加を得ての実規模の実験で評価することは困難である。計算機を用いたシミュレーションが有効な検証手段となる。

計算機を用いて人間の行動をシミュレートする試みは数多く行われてきた。これまでは単に避難者の行動を流体や剛体としてモデル化し、その動きを模擬することが中心であったが、相互作用を考慮したシミュレータも研究されるようになってきた[4]。避難者間の物理的な相互作用だけでなく、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。ただ、そこで考慮されているのは避難者間の相互作用であり、避難誘導に対する反応のモデル化はこれまで行われていない。

土木分野では、建物や町の構造と避難行動の関係の評価が目的とされた。今後求められるのは、様々な避難誘導方法の効果を比較し確認するためのツールとしてのシミュレータであり、そのための機能設計が必要となる。そこでは、様々な避難誘導方法によって避難者の意識や行動がどのように異なるかを検証できる必要がある。

#### 3.2. 開発環境

本システムを、JavaScript を用いて Windows PC 上に実装した。地図管理システムとして Google Maps API を使用した。Google Maps API を利用することで、地図情報を活用したサービスを簡単に構築することができる。

#### 3.3. システムの構成

画面例を用いてシステム機能を説明する(図1)。

- ① 初期設定画面：シミュレーションの基礎データである「出発地」「目的地」「中継地」「避難人数」の設定を行う。
- ② 地図表示画面：シミュレーションの経過と結果の表示。
- ③ 避難状況確認画面：避難状況（どの場所に何人の避難者がいるかの数値）を表示。
- ④ 操作ボタン：シミュレーションの開始、停止、一時停止、再開を行う。



図 1: 災害情報登録後の画面

#### 3.4. システムの動作

新規登録画面で初期設定の入力を行い、シミュレーション

Seiki Kinugasa and Yoshio Nakatani  
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

ョンを開始する。

初期設定には、避難開始場所(出発地)、避難終了場所(目的地)、避難ルート(中継地)、避難者数が含まれる。これをセットとして、複数の出発地-中継地-目的地の設定が可能である。初期設定は避難誘導方法の設定にもなっている。すなわち、目的地ごとにどのルートを通ってどこに避難するのかを指定していることに相当する。今のシステムでは、全避難者がこの避難誘導に従って避難するとしている。

避難者の具体的な避難行動の様子を③に表示する。初期設定で設定されたルートは地図上で色を変えて表示される。避難者の移動途中の列はルート上の線として表示される。列の先頭は自然な歩行速度で移動するが、列の途中は、群集密度に応じて歩行速度が計算される。

歩行速度は群集密度に応じて変化する。群集密度は、避難者数と指定されたルートの道幅に基づいて計算される。1 m<sup>2</sup>当たりの密度が高くなると自然に歩行速度は落ち、滞留が生じる。東京理科大学の戸川は、密度と歩行速度の関係を示している。Fruin は、4 人/m<sup>2</sup>になると急激に速度が落ちると指摘している[5]。本システムの速度はこのような知見に基づいて計算する。

場所によっては避難者が密集する。本システムで避難者が密集する状況が発生するのは合流時と道幅の変化の時である。密集すると移動の列は滞留、場合によっては停滞する。③には「停滞」「滞留」など避難者の状況を表示する。②、③ではルートや目的地の混雑状況を表示する。避難者がルートや目的地の限界許容人数を越えると色を変えて表示する。

#### 4. 評価

システム機能の評価を行うため、京都を対象としてシミュレーションを行った。京都は年間 5,021 万人(2008 年)の観光客が訪れる、世界的に見ても代表的な国際観光都市である。また地震災害の発生も危惧されており、2010 年に発表された政府の地震調査研究推進本部の地震調査委員会の報告書[6]によると、今後 30 年間に京都市で震度 6 以上の地震の影響を受ける可能性は 3%以上とされている。中でも南海トラフが関係している東南海・南海地震の今後 30 年間発生確率はそれぞれ 60%、55%と他の断層帯に比べても極めて高い。京都では仲谷らの段階的避難誘導方法という新しい誘導方法の導入が検討されており、その効果の検証を行うことも目的である。表 1 の条件でシミュレーションを行った。

表 1 シミュレーションの条件

出発地	目的地	中継地	避難人数	歩行スピード
清水寺	円山公園	なし	12,000 人	3 km

ルートは清水寺を出発地、円山公園を目的地とし、図 2 の中央の縦線の道路を通る。出発地の清水寺は京都で最も観光客の多い観光地である。目的地、円山公園は広域避難場所に指定されている場所である[7]。このルートは産寧坂や二年坂を通る最短経路である。道幅は、途中で変化するものの全体としてはほぼ同じであるため 4m に統一した。図 2 の濃い色で表示されている部分は避難者を表す。避難人数は 11 月の土曜日、日曜日の混雑時に現場で実際にカウントした単位面積当たりの人数から割り出して設定した。今回のシミュレーションでは、清水

寺にいる避難者の避難だけを模擬することとし、途中にいるはずの避難者は、移動の様子を検証することが難しくなるために省略した。

シミュレーションの結果、清水寺を先頭者がスタートしてから、全員が円山公園に到着するまで 93 分を要した。途中、列が伸びて、数百 m にもなることが観察された。実際には清水寺の避難者はルート途中の避難者に合流することが予想されるため、混乱を避けるために避難をしばらく見合わせたり、別ルート(例えば五条坂)で別の目的地に向かわせることを検討する必要があるかもしれない。



図 2 シミュレーション例

#### 5. あとがき

広域な被災地で観光客を避難誘導する適切な方法を検討するためのシステムを提案した。今後は、避難者の合流、分離、停滞、滞留のより正確なモデル化を行い、同時に専門家らと意見交換を行い本システムの開発・評価を行いたい。本システムは京都市だけでなく、他の観光都市にも活用できるよう汎用性の高いシステムとなっているが、まずは京都市への適用を考えたい。

#### 参考文献

- [1] 伊藤英明・中西英之・小泉智史・石田亨：超越型コミュニケーション：大規模公共空間のための位置依存型誘導法, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.2, pp.547-554, 2006.
- [2] 野崎浩平ほか：災害発生時における動的な避難誘導システムの提案, 情報処理学会研究報告 2007-DBS-141 (29), pp.185-190, 2007.
- [3] 仲谷善雄：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.
- [4] 太田正幸・野田五十樹：大規模災害時の避難効率に対するインタラクションの影響, 第 19 回人工知能学会全国大会論文集, Vol.JSAI05, pp.208-210, 2005.
- [5] 地震調査研究推進本部事務局：「全国地震動予測地図」2010年版, 地震調査委員会関係報告書, 2010.
- [6] 三島和子：災害の心理学  
http://www.secu-forum.info/bunken/shinri.pdf (参照2011-01-05).
- [7] 林春男：京都府戦略的地震防災対策指針の策定について, 2009.