

変化していく危険領域と避難状況を可視化した避難誘導

Evacuation Guide System with Visualization of Varying Dangerous Area and Person Movement

石井 悠†
Hisashi Ishii

島川 博光†
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

我が国において、災害の発生頻度はきわめて高い。火災や地震といった災害は、建物内にいる人々の命を刻一刻と危険に脅かす。特に、老人、幼児、障害者、負傷者などの災害弱者は、逃げ遅れて死に至る危険性すらある。そのため、建物内にいる人々は一刻も早く建物から脱出することが望ましい。最適な避難経路を把握した者によって、建物内の避難者を迅速に避難させることができれば、貴い人命を守ることができる。

そこで、安全な避難誘導を実現するために、避難誘導者に対して、以下3点の特徴を示すモデルを提案する。

- 実時間で建物内における危険領域の特定・可視化
- 個人特定を可能とした全体避難状況の可視化
- 近未来を考慮にいたれた災害弱者の支援者選定手法

本手法により、避難誘導者は、建物内の危険領域と全体避難状況を把握した迅速な避難誘導を可能とする。実験の結果、避難誘導者は、83.3%の確率でシミュレータが安全だと判断した経路を避難者に指示することができた。

2. 災害発生時の避難支援

2.1 RFIDを用いた避難支援

本研究では、小・中・高等学校、オフィスビルなどの、建物内にいる人々をあらかじめ把握できる建物での避難支援を想定する。避難誘導を行う者として、安全な場所にいるビル管理者などを想定している。避難者の位置情報を取得するために、UHF帯周波数の電波を応用した遠距離型RFIDシステムを用いる。遠距離型RFIDリーダの認識距離は数mである。建物の天井に、認識距離と等しい間隔でRFIDリーダを設置する。本研究では、建物内にいるすべての避難者に配布されているRFIDタグに、各避難者の氏名や行動能力に関する情報を書き込んであるものとする。各避難者がもつRFIDタグがRFIDリーダに認識されたとき、認識された時刻・場所・避難者を特定することができる。さらに、これらを観測地点順に並べることにより、各避難者の移動履歴がえられる。

2.2 既存研究の問題

既存研究に、超越型誘導のための仮想都市シミュレータが挙げられる[1]。デジタルカメラで撮影した画像を用いて構築した3Dモデルの仮想都市上に、避難状況を可視化する。仮想都市と避難者の位置を対応させるために、建物内のあらゆる箇所にCCDカメラを設置する。撮影された画像を背景差分法による画像解析を行う。背景差分法は、あらかじめ取得している背景と違いが生じた箇所を避難者の動きと捉える。そのため、火災や障害物が発生している危険領域を特定することや、各避難者の個人特定をすることが、きわめて困難となる。

3. 建物の危険領域を可視化した避難誘導

3.1 危険領域を表す尺度

災害が発生したさい、危険領域を特定することができなければ、避難誘導者は安全な避難誘導をすることができない。災害時において、建物内の危険領域は、以下の要因により変化すると考えられる。

- 通路の狭い場所
- 人が混雑している場所
- 火災や障害物の発生箇所

そのため、上記の要因を考慮にいたれた危険領域を実時間で特定し、避難誘導者に提示する必要がある。本研究では、上記の要因と通路の通りにくさが緊密な関係にあることに着目する。そこで、通路の通りにくさを危険度という尺度を用いて表現する。通路の通りにくさは、避難者の現在地から、隣接するRFIDリーダ設置点への通過予測時刻と、実際の通過時刻との差分時間により表現する。避難者の速度はあらかじめ取得しているものとする。避難者の通過予測時刻は、避難者の所持するRFIDタグがRFIDリーダに認識されるたびに、避難する可能性があるすべての経路に対して算出される。差分時間を l 、更新後の危険度を d_u 、現在の危険度を d_c とすると、

$$d_u = d_c + k \cdot l \quad (kは定数)$$

として危険度を算出する[2]。危険度の取り得る値は、0から100までの数値であり、値が大きいほど危険であることを表す。避難者が経路を通るたびに、該当する経路の危険度を更新することにより、実時間で危険度を算出する。

3.2 危険度マップ表示

算出された危険度を避難誘導者に表示する。しかし、自らの避難誘導がすべての避難者の生死を左右するという精神的圧迫感から、避難誘導者は複数の避難経路の中から最適経路を即時に選択できない可能性がある。

そこで本研究では、図1のような建物見取り図における通路の幅を無視し、図2のように経路の分岐や交差だけに着目して簡約化した図上に、経路の危険度をその度合いに応じて6色で描画する。これを危険度マップという。危険度の高さの順に、赤、橙、黄、黄緑、緑、白の6色を用いる。したがって、避難誘導者は視認性の高い形で、建物内の危険領域を即時に把握することができる。

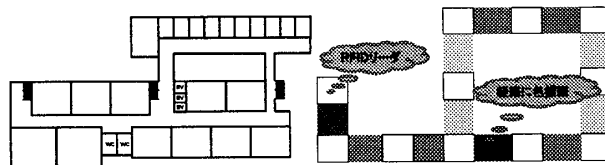


図1: 建物見取り図

図2: 危険度マップ

3.3 全体避難状況の把握

避難誘導者が、危険領域を回避した避難誘導を行うためには、建物内における避難者の位置を把握する必要がある。また、老人、幼児、障害者、災害による負傷者などの災害

† 立命館大学大学院 理工学研究科

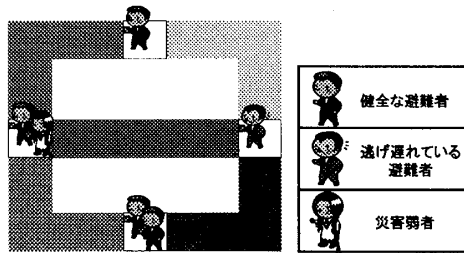


図3: 全体避難状況

弱者は、逃げ遅れる危険性がある。避難誘導者が、災害弱者の場所を把握することができれば、救助隊員や災害弱者の近くにいる精神的・身体的に健全な者に、災害弱者への支援要請をだすことが可能となる。そこで、RFIDリーダに認識されたデータを用いて、すべての避難者を災害弱者、逃げ遅れている避難者、健全な避難者の3種類に分類する。その結果を、図3に示すように危険度マップ上に表示する。したがって、避難誘導者は、建物内の全体避難状況を把握した避難支援が可能となる。

3.4 災害弱者支援

避難誘導者は、危険度マップにより、建物内の危険領域と全体避難状況を把握できる。そのため、避難誘導者は、精神的・身体的に健全な者に災害弱者の支援要請をだすことができる。しかし、支援者の誤った判断や火災の広がりなどにより、支援者が予期せぬ二次災害を被る可能性がある。そこで、図4に示すように、平均移動速度が大きく、災害弱者と交流のある者を優先した選定を行う。適切な判断力があり、迅速な災害弱者支援ができる者を、支援者として危険度マップ上に表示する。本研究では、危険領域を通路の通りにくさで表現しているため、避難者の平均移動速度の大きさにより、避難者が危険領域を回避してきた者であるか否かを判定する。また、目や耳、足といった障害をもつ者が望む支援を与えられる、災害弱者と交流の深い者に支援要請をだすことを考える。

さらに、支援者から災害弱者までの距離を考慮するため、複数の支援者の近未来における位置を近未来シミュレーションにより避難誘導者に表示する。近未来における位置は、危険度を反映した支援者の速度により求める。

したがって、避難誘導者は、適切な判断で迅速に災害弱者支援を行う者に、支援要請をだすことができる。

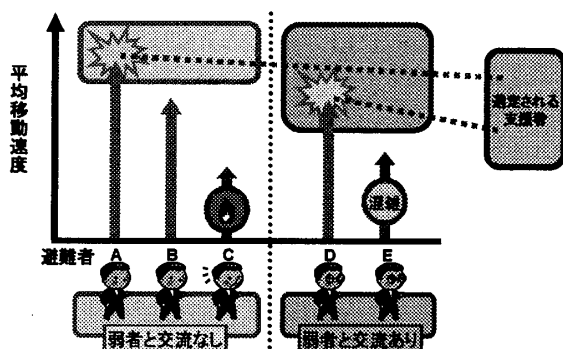


図4: 支援者選定手法

4. 避難支援実験

4.1 実験

本提案を用いて作成したGUIツールにより、避難誘導者が危険領域と避難状況を把握できるか否かを検証するための実験を行った。そこで、以下の2点を比較する。

- シミュレータによって算出される最適経路
- 避難誘導者がGUIツールを見て指示した経路

シミュレータは、避難者が所持するRFIDタグが読み込まれるたびに、危険度を算出し最適経路を選定する。シミュレータによって算出される最適経路と避難誘導者がGUIを見て指示した経路が一致するとき、避難誘導者は危険領域と避難状況を把握しているといえる。また、避難誘導者の被験者に詳細な意見をもらうため、アンケートを実施した。実験環境を図5に示す。

図5の星印が描かれている場所に、RFIDリーダが約15m間隔で設置されている。図5のように避難経路は2経路とする。中央に位置する2つのRFIDリーダが近接している地点でのみ、経路変更を可能とした。避難者は4人、本提案を用いて作成したGUIツールを使用する避難誘導者を1人として実験を行った。全ての避難者に、RFIDタグを所持してもらい、避難者には1人ずつ避難してもらうこととした。避難者が避難を開始するさいに、避難誘導者はGUI画面から安全だと判断した経路を指示してもらった。本ツールによって、一目で危険領域を把握できるか否かを検証するため、避難誘導者には6色で表現された危険度の尺度を教えなかった。

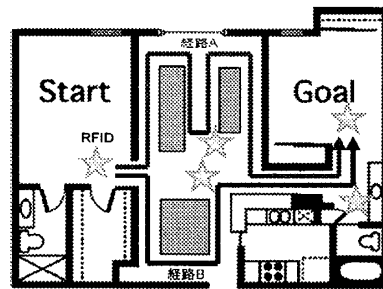


図5: 実験環境

4.2 実験による評価

この実験により、シミュレータによって算出された最適経路と避難誘導者がGUIツールを見て指示した経路を65回比較した。その結果、これら2つの最適経路が一致した確率は83.3%であった。さらに、避難誘導者からの意見により、避難者の避難状況を把握できた、危険領域を一目で把握でき誘導しやすかったということがわかった。しかし、危険度表示が頻繁に切り替わるにより、とまどいを感じたという意見もえた。

5. おわりに

本論文では、災害発生時における建物内の危険領域と全体避難状況を避難誘導者に可視化する手法を提案した。避難誘導者は、83.3%の確率でシミュレータが安全だと判断した経路に誘導することができた。今後は、一斉に避難者に避難してもらう大規模な実験と、災害弱者の支援者選定手法の有効性を検証する実験を行う予定である。

参考文献

- [1] 中西英之, 小泉智史, 石田 亨, 伊藤英明. 超越型誘導のための仮想都市シミュレータ, The 18th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2004
- [2] 山本大輔, 島川博光, 実データと仮想データの差分を用いた危険度導出, 第4回情報科学技術フォーラム(FIT2005)講演論文集, 33/34, 2005