

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24310130

研究課題名（和文）室内震災リスク軽減のための集客施設での防犯カメラ映像の分析とデータアーカイブ化

研究課題名（英文）Analysis and Data Archive of Security Video Movies at Shopping Malls for Mitigation of Seismic Indoor Risk

研究代表者

翠川 三郎（MIDORIKAWA, Saburo）

東京工業大学・総合理工学研究科（研究院）・教授

研究者番号：00143652

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,700,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、東北地方太平洋沖地震時において大規模集客施設での防犯カメラ映像にみられる人間の行動について、地震動の強さを軸にして整理を行った。その結果、地震時の大規模集客施設における人間行動は震度と密接にかかわっているが、出口の配置等や人間の属性の影響もみられることを定量的に確認した。これらの結果に基づいた地震時の避難シミュレーションを行い、これが実映像を概ね再現していることを確認した。さらに、祝日を想定して人数を増やしたケースについてシミュレーションを実行し、揺れが強い時間に出口付近で群衆が長時間発生し危険度が增大すること、その対策として店員の誘導が効果的であることを指摘した。

研究成果の概要（英文）：Human behavior during an earthquake was analyzed by using video movies of security cameras in shopping malls during the Great East Japan Earthquake. As the result, human behaviors in a shopping mall are strongly correlated with the seismic intensity. Besides, the effects of the location of exits and individual attributes are found. Evacuation simulation model during an earthquake is constructed based on observations of the video movies. The simulation for the weekday case is compared with the video movie, showing the validity of the simulation model. In the simulation for the weekend case in which the number of evacuee is twice, the crowd becomes very dense at the exit during strong shaking, suggesting higher possibility of accidents. The additional simulation considering a countermeasure shows that guidance by employees can decrease the density of crowd.

研究分野：地震工学・地震防災

キーワード：避難行動 集客施設 防犯カメラ 避難シミュレーション 東日本大震災 映像アーカイブ

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日に発生した東日本大震災では津波による甚大な被害が生じたとともに、強い揺れによる被害も首都圏を含む非常に広範囲で生じた。揺れによる建物被害は津波による被害に比べれば激甚なものではなかったが、建物内部、特に不特定多数の人々が集まる集客施設で、人的な被害や混乱を生じ、地震時の室内安全性に多大な問題が残されていることも示された。

このような室内での被害を軽減するためには、地震時の人々の行動について分析した上で、対策を進める必要がある。また、このための対策を実行していくためには、一般市民に地震時に室内にどのような危険があるのかを正しく認識させ、自発的な防災対策の実行に結びつける流れが必要である。

2. 研究の目的

東日本大震災において不特定多数の人々が集まる集客施設での室内震災リスクが大きいたことが再認識された。このリスク軽減のために、本研究では、大型ショッピングセンターを全国に展開する企業（イオン株式会社）との協定により集客施設での大量の防犯カメラ映像を収集できる環境を利用して、集客施設での防犯カメラ映像を大量に収集する。得られた多数の実際の映像から人間行動を詳細に分析し、これに基づく避難行動シミュレーションを行い、有効な対策を検討する。また、収集した映像を保存し、データアーカイブ化し、市民の防災意識啓発等のために将来的な公開システムに向けての準備を行う。

3. 研究の方法

大型ショッピングセンターを全国に展開する企業（イオン株式会社）との協定を活用して、震度5強程度以上の地震が発生した場合、迅速かつ効率的に防犯カメラ映像の提供を依頼し、取得したデータをデジタルデータベースとして整理・保存を行うシステムを構築する。システム上に整理された映像を用いて、人間行動を分析・モデル化し、これに基づくエージェントシミュレーションを行い、危険となる要因について検討し、地震時の有効な対策の提案につなげる。

4. 研究成果

(1) 震度閾値超過店舗検索システムの構築

地震発生時に気象庁より震度分布を取得し、あらかじめ地図上にプロットされたイオン各店舗について推定震度が震度5強以上に該当するかどうかを判定し、その閾値を超過した該当店舗リストを出力できるシステムを構築した(図1参照)。運用は地震後、該当店舗一覧を元に、集客施設企業間の協定に従って、迅速かつ効率的に集客施設企業にカメラ映像の提供を依頼し、映像メディアを取得する流れで行った。実際に2013年淡路島地震の発生時には推定震度が5強以上となる

店舗に対し映像メディアの提供依頼・取得を行い、映像アーカイブシステムにデータを追加した。なお、店舗のマスターデータの更新およびインターフェースの高度化も行った。



図1 震度閾値超過店舗検索システム：店舗一覧

(2) 映像データアーカイブシステムの構築

収集した映像は防犯カメラの導入時期やメーカー・機種等が店舗毎に異なることなどから、記録媒体や保存形式が一律ではなく、さらに店舗の位置情報や店舗内の設置位置などを逐一目視・確認する必要もあるため、そのまま分析をしようとする再生環境の構築や媒体管理用の人手だけでも非常に煩雑で非効率となる。こうした問題の解決に資するため、映像をデジタルデータ化・標準化して属性を付与するなど、デジタルデータベースとして整理しつつ保存を行った。

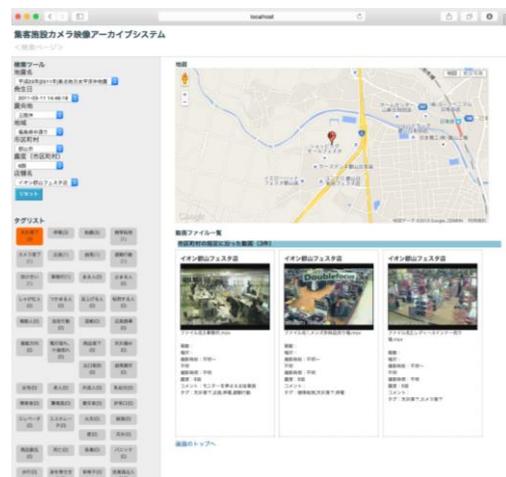


図2 映像データアーカイブシステム：属性検索

アーカイブ化は以下の手順でおこなった。
 手順1. 標準化：防犯カメラ映像データを同一フォーマットで編集可能な形式に整理した。アナログ形式のものデジタル化やテープ・DVD等で提供されたものを電子ファイル化する等メディアコンバートを行い、さらに得られた映像データをMPEG等単一の形式のフォーマットに変換することでサーバ上にアーカイブするための作業を行った。
 手順2. 属性情報の付与：フォーマット化された各映像データに対し、記録媒体に付与されていた情報を属性として付与・タグ付けを行った。付与する属性情報は、映像ID・店舗

名称などの「ID 情報」、記録時刻・映像尺などの「時間情報」、店舗の位置情報・店舗階および当該映像の設置位置などの「空間情報」、当該場所の推定震度や関連の強い記録波形などの「ハザード情報」、室内被害・人の映り込みの有無などの映像に写り込んだ「被害情報」などに大別され、逐次追記を行った。

こうして図 2 に示す本アーカイブに収録された地震映像は 2015 年現在、2011 年東北地方太平洋沖地震, 2009 年駿河湾地震, 2013 年淡路島地震の 3 地震 15 店舗 264 ファイルとなっている。

(3) 映像分析による人間行動のモデル化

2011 年東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)の映像を用いて、地震時の人間行動の分析とモデル化を行った。

地震時の人間行動は場所や各人の属性によって大きく異なる。そこで、男・女、単独・グループ、子供、お年寄りに分類し、映像にみられる各人の動きをトラッキングして行動パターンを分析した。また、従業員の指示やまわりの他者の行動による同調行動の影響などについても分析した。

さらに、人間行動について、退避行動、防御行動に着目し地震動の強さを軸にして整理を行った。通路とフードコートでは、異なる人間行動がとられており、通路では、図 3 に示すように、揺れが強くなり始めた震度 5 弱までは多くの人々が退避行動をとるが、さらに揺れが強くなると退避が困難となり、防御行動に移行し、その後、震度 4 まで揺れが収まってから退避が再び行われることがわかった。

一方、フードコートでは、図 4 に示すように、揺れが強くなると退避が行われず、テーブルにつかまる、テーブル下に潜るなどの防御行動がとられ、震度 3 まで揺れが収まってから退避が開始されることがわかった。

場所ごとの退避行動の違いを把握するために、震度と移動速度との関係を震度ごとに整理し、出口方向が明確な通路では地震動が強くなるに伴い、移動速度も徐々に速くなるが、さらに強くなり震度 5 程度になると、揺れにより退避が困難となり移動速度が低下すること、一方、出口方向が明確でない場所では進行方向に迷いが生じ移動速度が速まらないこと等を確認した。

属性による各人の行動の違いを検討するため、グループ行動に着目し分析した。通路では、グループは、震度 4 を超えたあたりから徐々にその場に留まる人の割合が増加するが、単独では揺れのピークである震度 6 弱に達してから急に、その場に留まる傾向がみられた。また、フードコートにおいては、グループの方が単独よりも早い段階で、机の下に潜る防御行動を取り、グループの方が机の下に潜る割合が高いことを確認した。

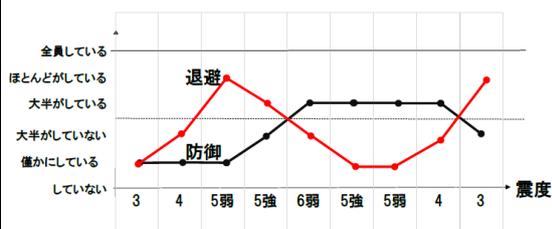


図 3 通路における行動の変化

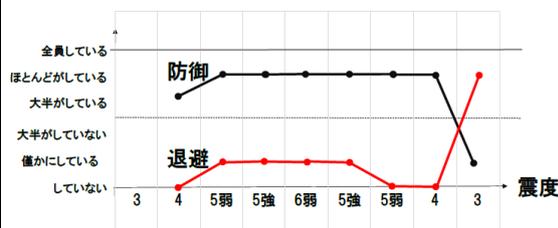


図 4 フードコートにおける行動の変化

避難シミュレーションに向け、避難者行動について、1) 避難者の平均的な移動速度を震度に応じて変化させること、2) 各人の避難速度の違いから発生する、追い越し行動、及び、追い越しが困難な時に起きる速度低下、3) 混雑時には各人間の距離が狭まり群集化する現象、等をモデル化した。

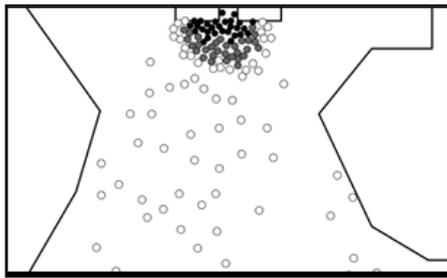
(4) 避難行動シミュレーション

(3)の結果を踏まえたシミュレーションモデルのプログラム化を行った。

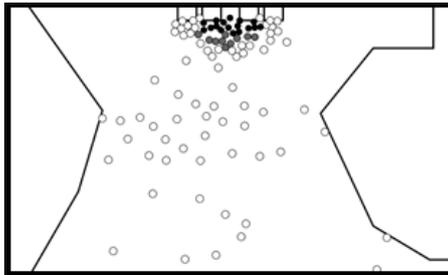
避難者に見立てたエージェントがシミュレータ上で自立行動するシミュレーションプログラムを構築し、震度による避難速度の変化や避難行動に伴う群衆化を表現する避難シミュレーションを構築し、大規模集客施設の 1 階出口付近のオープンエリアを対象とした避難シミュレーションを行った。その結果、シミュレーションが実映像を概ね再現しており、本シミュレーションの有効性を確認した。

次に、シミュレーション結果を踏まえ、研究グループ 3 名と運用会社であるイオン株式会社防災担当者 6 名でワークショップ(平成 27 年 3 月 3 日)を開催し、現実的な避難対策として、地震発生後、中央の出口の自動扉のほかに、左右にある開き扉を出口近隣のショップ店員に開けさせることの提案があった。

そこで、この対策の有効性を確認するために、祝日を想定して人数を増やしたケース、祝日で店員が左右にある扉を開き誘導するケースについてシミュレーションを実行し、出口付近の様子を比較した結果、1) 出口になだれこむ人数が約 2 倍となる祝日を想定したケースでは、揺れが強い時間に出口付近で群衆が長時間発生すること(図 5(a)参照)、2) その対策として、店員が左右の扉を開き誘導することで群衆の発生が短時間に抑えられること(図 5(b)参照)、を確認した。



(a) 左右の扉での誘導なし



(b) 左右の扉での誘導あり

図5 出口付近でのシミュレーションの様子

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ① 藤岡正樹, 翠川三郎, 沖 祐哉, 安達正一: 防犯カメラ映像を用いた大規模集客施設での地震時の人間行動分析—震度と人間行動の対応—、地域安全学会論文集、査読有、No. 24、pp. 223-231、2014.

〔学会発表〕(計6件)

- ① 藤岡正樹, 翠川三郎: 防犯カメラ映像に見られる大規模集客施設での地震時の人間行動：その3 避難シミュレーションの開発、日本建築学会大会(関東)学術講演会、2015年9月4~6日、東海大学(神奈川県・平塚市)
- ② 藤岡正樹, 翠川三郎, 沖 祐哉, 安達正一: 防犯カメラ映像に見られる大規模集客施設での地震時の人間行動：その1 震度と人間行動の対応、日本建築学会大会(近畿)学術講演会、2014年9月14日、神戸大学(兵庫県・神戸市)
- ③ 沖 祐哉, 翠川三郎, 藤岡正樹, 安達正一: 防犯カメラ映像に見られる大規模集客施設での地震時の人間行動：その2 場所や属性による人間行動の違い、日本建築学会大会(近畿)学術講演会、2014年9月14日、神戸大学(兵庫県・神戸市)
- ④ 東 宏樹: 集客施設の防犯カメラ映像を利用した地震動映像アーカイブシステムの構築、第7回デジタルコンテンツクリエイション・第64回電子化知的財産・社会基盤合同研究発表会(招待講演)、2014年5月4日、情報セキュリティ大学院大学(神奈川県・横浜市)

- ⑤ 東 宏樹, 翠川三郎, 藤岡正樹, 安達正一, 吉田 稔, 藤原弘之: 集客施設の防犯カメラ映像を利用した地震動映像アーカイブシステムの構築、情報処理学会第76回全国大会、2014年3月12日、東京電機大学(東京都・足立区)

- ⑥ 沖 祐哉, 翠川三郎, 藤岡正樹, 安達正一, 東 宏樹: 防犯カメラ映像を利用した集客施設での地震時の人間行動の分析—映像のトラッキングに基づく時系列スライドの作成—、第33回地域安全学会研究発表会、2013年11月16日、静岡県地震防災センター(静岡県・静岡市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.enveng.titech.ac.jp/midorikawa/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

翠川 三郎 (MIDORIKAWA Saburo)
東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授
研究者番号：00143652

(2) 研究分担者

東 宏樹 (AZUMA Hiroki)
防災科学技術研究所・社会防災システム研究領域・契約研究員
研究者番号：00608672

三浦 弘之 (MIURA Hiroyuki)
広島大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：30118678

藤岡 正樹 (FUJIOKA Masaki)
東京工業大学・大学院総合理工学研究科・研究員
研究者番号：70624328

(3) 連携研究者

なし

(4) 連携協力者

なし