

360度カメラを用いた地震対策箇所提示システムの開発

Development of a 360-Degree Camera Based Earthquake Countermeasure Point Presentation System

山中 永遠[†] 吉野 孝[†]
Towa Yamanaka Takashi Yoshino

1. はじめに

地震発生時における家具類の転倒は多くの危険をもたらす。阪神・淡路大震災の犠牲者の約8割が家屋の倒壊や家具類の転倒によるものであったとされている。また、負傷者の中には建物に特別な被害がないにもかかわらず、家具類の転倒により、逃げ遅れた人や怪我を負ってしまった人も多数含まれている。震度7の地域では、住宅の全半壊を免れたにもかかわらず、全体の約6割の住宅で家具類の転倒・落下・移動が確認されている¹。

また、東京消防庁の調査によると、近年発生した地震の負傷者のうち、約30～50%が家具類の転倒・落下・移動によるものであった。さらに、転倒・落下した家具類が電気ストーブの電源スイッチを押し、付近の燃えやすいものに着火し、火災が発生する場合がある。火災が発生することで、地震の被害をさらに深刻化させてしまう。また、避難経路や出入口周辺に転倒・移動する可能性のある家具類を配置していると、地震発生時に避難経路を塞いだり、引き出しが飛び出したりすることで、人々が避難しようとする際に躓いて転倒し、怪我につながる恐れがあり、避難の妨げとなるリスクが高まる。そのため、怪我・火災・避難障害の「3つの危険」から、自分たちの身を守るためには、家具類の転倒・落下・移動防止対策が非常に大切であるとされている²。

しかし、地震対策をしなければならない家具類は非常に多く、対策方法も複数存在するため、防災意識が高い人でも十分に対策できていない可能性がある。東京消防庁が毎年実施している消防に関する世論調査で、地震の備えとして家具類の転倒・落下・移動防止対策を実施している人の割合は例年60%程度であり、「すべての家具類に実施している」と回答した人は6%程度である³。地震対策をしていない家具が存在すると、地震発生時の怪我や避難の妨げの原因になる可能性があるため、全ての家具類に地震対策を実施することが好ましい。

そこで我々は、360度カメラで室内を撮影し、撮影した画像内に写っている家具を一覧で表示し、その家具の地震対策に関する情報を提示することで、利用者の防災に対する知識不足を補い、かつ地震対策が手軽になるシステムを提案する [1]。本稿では、本システムの概要について述べる。

[†]和歌山大学システム工学部, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

¹総務省消防庁：地震による家具の転倒を防ぐには－ <https://www.fdma.go.jp/publication/database/kagu/post2.html>

²東京消防庁：家具類の転倒・落下・移動防止対策ハンドブック <https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/hp-bousaika/kaguten/handbook/>

³東京消防庁：消防に関する世論調査－ <https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/yoron/yoron2.html>

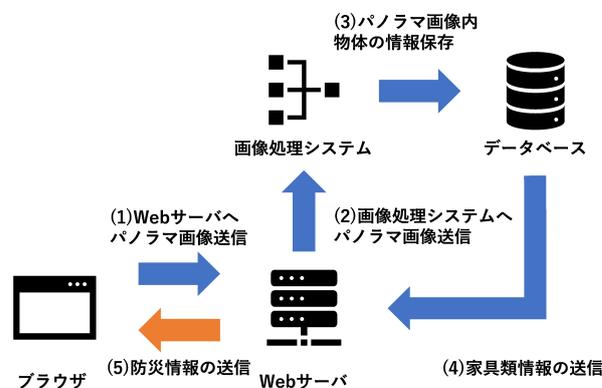


図1: システム構成

2. 関連研究

柘植らはARによる地震時の家具の挙動シミュレーションを用いた防災学習支援システムを開発した [2]。このシステムは、スマートフォンのAR技術を用いて室内に家具を配置し、地震時の家具の挙動を視覚的にシミュレーションして、地震時の家具類の挙動を体験できる。配置されている家具に対して、安全・危険を判断するためのアドバイスを行い、利用者の防災知識の向上を図っている。

福和らは耐震化を促進するための地域防災力向上シミュレータを開発した [3]。自宅の特性を簡易入力することによる家屋の倒壊シミュレーションや家具類の転倒シミュレーション、高解像度の地盤モデルを用いた地震動シミュレーションなどを用いることで、住民に自宅の危険度を気づかせ、耐震診断・耐震補強、家具固定へと誘導する。さらに、会話型教材やeラーニングや防災辞書の機能などにより、防災知識の向上を図る。

これらの研究は、利用者に対して地震対策の促進、および防災知識の向上を図るという点において、本研究の目的と類似している。しかし、本研究は利用者に室内の地震対策箇所を指摘するとともに、利用者に地震対策自体が簡単だと思わせることを目的としているため、これらの研究とは異なる。

また、Wangらは住民の地震対策の意思決定を支援するために、ストリートビュー画像から石造りの建造物を検出するシステムを開発した [5]。このシステムは、深層畳み込みニューラルネットワークを用いてストリートビュー画像から建造物の構造や材質などの情報を検出している。このシステムは都市規模での調査を可能とし、重要な政策やビジネス上の意思決定を行うために必要である詳細な情報を提供することを可能にしている。本研究では、地震発生時の家屋の倒壊ではなく、家具類の転倒に焦点を当てているため、Wangらの研究とは異なる。



図 2: システム画面例

3. システムの概要

本システムは、利用者が 360 度カメラを用いて室内を撮影し、撮影した 360 度パノラマ画像から機械学習を用いて家具類を検出し、その家具類に関する防災情報を利用者に提示するシステムである。本システムを利用することで、利用者は短時間で室内の地震対策箇所とその対策方法を知ることができ、利用者自身に地震対策が簡単だと思わせることを目的とする。

3.1 システム構成

図 1 に本システムの構成を示す。本システムは、ブラウザ、Web サーバ、画像処理システム、データベースから構成される。本研究では 360 度カメラとして、RICOH THETA Z1 を使用している⁴⁴。RICOH THETA Z1 は専用のスマートフォンアプリから 360 度パノラマ画像を撮影し、スマートフォン内のフォルダに保存する。そのため、本システムへの画像のアップロードにはブラウザから行う。また、スマートフォンで使用可能な 360 度カメラアプリ⁴⁵ で撮影した画

像にも対応している。スマートフォンで撮影した画像も同様に一度スマートフォン内のフォルダに保存されるため、本システムへの画像のアップロードはブラウザから行う。

画像内の家具類情報を取得する際、まずブラウザから Web サーバへ画像を送信する(図 1(1))。画像を受信した Web サーバは、画像処理システムへ画像を送信する(図 1(2))。画像を受信した画像処理システムは、画像内の地震対策箇所を抽出し、抽出した箇所についての名称と座標をデータベースに保存する(図 1(3))。保存が完了すると、Web サーバはデータベースから画像内の家具類の名称および座標を取得する(図 1(4))。取得を完了すると、ブラウザへデータを送信し、家具類の防災情報とともにブラウザ上でリスト表示される(図 1(5))。

3.2 家具類の抽出方法

RICOH THETA Z1 で撮影した 360 度パノラマ画像は上下部分の歪みが大きいいため、元画像では上手く検出することが難しい。そのため、まず 6 つの正方形のテクスチャ画像で構成されているキューブマップに変換する。しかし、従来のキューブマップの場合、ベッドやテーブルなど、画像に収まりきらず、正確に検出できない家具類が存在する。そのため、図 3 のように front 以外の上下部分にも top と

⁴⁴RICOH THETA Z1 - <https://theta360.com/ja/about/theta/z1.html>

⁴⁵Google Play : Panorama 360 Virtual Tours - <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vtcreator.android360&hl=ja&gl=US>

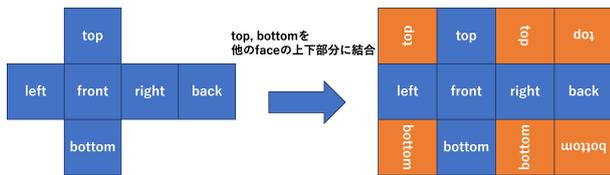


図 3: キューブマップ分割方法

表 1: 対策優先度の例

対策優先度「高」	対策優先度「中」	対策優先度「低」
本棚	テーブル	モニター
テーブル	シェルフ	椅子
プリンター	デスクトップ PC	テレビ
デスク	ソファ	時計

bottom の向きを変更した画像を結合し、画像のサイズを拡張することで、検出精度の向上を図っている。360 度カメラアプリで撮影した画像の場合は、キューブマップに変換する必要はない。次に、キューブマップに対して物体領域提案アルゴリズムである Selective Search⁶⁶を使用し、物体である可能性が高い領域を取得し、データベースに保存する。保存した物体領域に対して、事前学習済みの機械学習サービスである Google Cloud Vision API⁶⁷を使用し、画像内の物体名称と座標を取得し、データベースに保存する。

3.3 提示する防災情報について

図 2 にシステム画面例を示す。本システムでは地震対策箇所に対応した防災情報を提示する。リスト表示された地震対策箇所をタップすると、図 2 のような画面が表示される。ユーザに表示する防災情報は以下の 3 点である。東京消防庁の転倒・落下・移動防止対策ハンドブック⁶⁸に記載されている地震時の挙動と地震対策器具の紹介および設置上のアドバイスに加え、本システムでは対策優先度を提示することで、地震対策の円滑化を図っている。また、ユーザがどの家具を対策したか混乱しないようにチェックボックス機能を導入している(図 2(3))地震対策を行った家具類のチェックボックスにチェックを入れると、その家具類に関する防災情報が非表示になる。

(1) 地震時に想定される家具類の転倒(図 2(2)(4))

ユーザが対象の地震対策箇所に対して、何も対策を行わなかった場合の、地震時に想定される家具類の転倒をイラスト(図 2(1))と説明文(図 2(3))で紹介する。説明文では、避難経路をふさぐなどの転倒時に起こりうる出来事や、転倒する可能性のある震度などを説明する。これにより、ユーザに危機感を与え、地震対策への意欲促進を図る。

⁶⁶Selective Search for Object Recognition - <http://www.huppelen.nl/publications/selectiveSearchDraft.pdf>

⁶⁷Google Cloud Vision API - <https://cloud.google.com/vision?hl=ja>

⁶⁸東京消防庁:家具類の転倒・落下・移動防止対策ハンドブック - <https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/hp-bousaika/kaguten/handbook/>

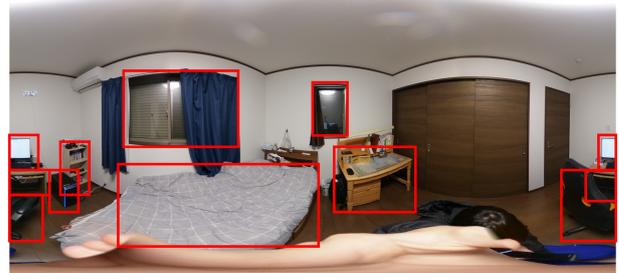


図 4: 家具類の検出精度測定に用いた画像

(2) 対策優先度の提示(図 2(3))

地震対策に取り掛かる際、どの箇所から対策すべきか分からないユーザが存在する可能性がある。その可能性を考慮し、地震対策の優先度を低・中・高の 3 段階で示す。優先度の例を表 1 に示す。本棚やロッカーなどを対策優先度「高」とし、テーブルやシェルフなどを対策優先度「中」、モニターや椅子などを対策優先度「低」とする。また、優先度の基準は、花田らの研究で示されている各家具の運動エネルギー最大値の参考に決定した [4]。

(3) 地震対策器具の紹介(図 2(5))

対象の地震対策箇所に適した地震対策器具を紹介する。また、誤った方法で設置すると、十分に効果を発揮できない地震対策器具が存在する。そのため、利用者が正しく地震対策器具を設置できるように、設置するうえでのアドバイスを提示している。基本的に最も安全性が保障されている器具を紹介するが、それらの器具は壁などに傷を付けてしまうものが多く、そのことから対策を躊躇する人もいる⁶⁹。そのため、傷を付けない地震対策器具を 2 種類以上組み合わせる方法もあわせて紹介している。

4. 家具類の検出精度

キューブマップの分割方法変更により検出精度に変化がないか確認するため、本システムの家具検出精度の測定を行った。図 4 に家具類の検出精度測定に用いた 360 度パノラマ画像を示す。2 種類の室内を 360 度カメラを用いて撮影し、撮影した画像内に写っている家具類を検出できていた割合を測定した。赤枠で囲っている部分は、実際に地震

⁶⁹東京消防庁:家具類の転倒・落下に係るアンケート調査結果について - https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/life/topics/201109/questionnaire/2309_A2.pdf

対策が必要な家具類を示している。図4の上側の画像で地震対策が必要な箇所はモニター・パソコン・机(2か所)・本棚・ベッド・窓ガラス(2か所)の7種類9か所である。図fig:roomの下側の画像で地震対策が必要な箇所は机・椅子・本棚(2か所)・タンス(2か所)・ベッド・テレビ・窓ガラス(2か所)・時計の8種類11か所である。

図4の上側の画像で検出した家具類は9か所中6か所であり、検出率は約67%であった。また、図4の下側の画像で検出した家具類は11か所中8か所であり、検出率は約73%であった。ハイパーパラメータの選定を行い、キューブマップの分割方法を変更したことにより、検出精度の向上が確認された。一部の家具類が検出できなかった原因として、Selective Searchは色や形状の特徴をもとに物体領域を検出しているため、家具類が他のオブジェクトと重なっていると、検出が難しくなると考える。また、デスクトップ型パソコンなど、地震対策が必要であるが、Google Vision APIでは検出不可能である家具類があることを確認している。そのため、異なる物体検出手法を用いて検出を行う必要があると考えている。

5. おわりに

本稿では、360度カメラを用いた地震対策箇所の指摘システムを開発し、その概要について述べた。また、検出精度について測定を行い、検出精度の向上を確認した。今後は、実際に本システムを使用してもらい、本システムの有用性について検証を行う。

参考文献

- [1] 山中永遠, 吉野孝: 360度カメラを用いた地震対策箇所提示システムの提案, 情報処理学会, 第85回全国大会, Vol. 4, 6ZE-05, pp. 1-2 (2023).
- [2] 柘植葉月, 清水菜々子, 寺崎綾華, 山下直佑, 曾我真人: ARによる地震時の家具の挙動シミュレーションを用いた防災学習支援システム, 教育システム情報学会, 第43回全国大会, pp. 373-374 (2018).
- [3] 福和伸夫, 坂上寛之, 花井勉, 高橋広人, 飛田潤, 鈴木康弘: 耐震化を促進するための地域防災力向上シミュレータ, 日本地震工学会論文集, 第7巻, 4号(特集号), pp. 5-22 (2007).
- [4] 花田悠摩, 村尾修, 目黒公郎: 運動エネルギーを考慮した長周期パルス地震動によるオフィス家具の転倒危険性, 日本建築学会計画系論文集, 第84巻, 第761号, pp. 1645-1655 (2019).
- [5] Chaofeng Wang, Sarah Elizabeth Antos, Luis Miguel Triveno: Automatic detection of unreinforced masonry buildings from street view images using deep learning-based image segmentation, Automation in Construction, Volume 132, 103968, ISSN 0926-5805 (2021).