

京都大学工学部 学生員 ○横枕 直人
 京都大学大学院工学研究科 正会員 小山 真紀
 京都大学大学院工学研究科 正会員 清野 純史

1.はじめに

日本国内で起こる地震災害において、室内での負傷者発生の主たる原因は家具などの室内設置物の転倒や散乱によるものである。しかし一方でそうした危険性への住人の認識は低く、安全対策も十分に進んでいない。このような現状を改善していくためには、家具の転倒の危険性への住人の認識を改め、各個人の環境に合わせて家具の具体的な危険度を評価し、住人に分かりやすく知らせるためのシステムが必要であると考えられる。本研究ではスマートフォンを活用して、地震時の家具転倒による危険度を評価し、その情報をAR(拡張現実)技術によって可視化するシステムの試作を行った。スマートフォンは取り回しが簡単で、ソフトのインストールも非常に手軽に行えるため一般ユーザーにとっても利用しやすい。

2.システムの構成

本システムでは、家具などの空間情報をスマートフォンのカメラから得られるリアルタイム映像から抽出し、実際の家具の映像に重ねあわせて、家具転倒による危険性や危険領域などをAR技術を用い

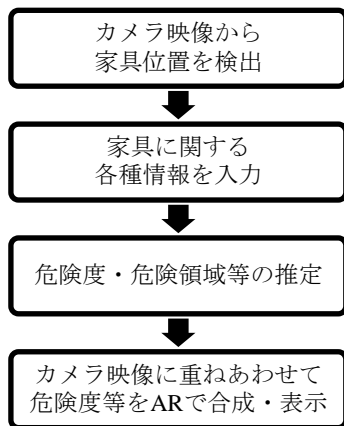


図1 システムの動作イメージ

て合成・表示する。すなわち、目の前にある家具にカメラを向けると、その家具が被災時にどのような危険を及ぼすのかをその場で確認することができる。システムの動作イメージを図1に示す。

また本システムでは家具の危険度の評価を行うモードと、家具の挙動をアニメーションにより可視化してユーザーに視覚的なイメージを与えるモードの2つのモードを実装している。

2.1 危険度評価モード

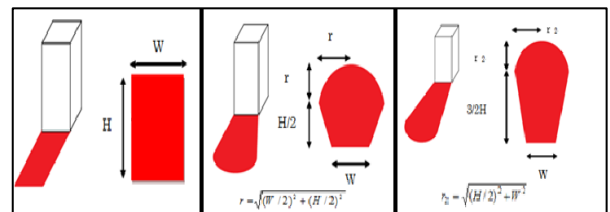
個々の家具の危険度を評価してユーザーに示し、危険性の高い家具だけでも固定、配置換えを行うといった段階的な対策を可能とする。

(1)カメラ映像からの家具位置の特定

コンピュータが認識しやすい特殊なマーカを家具に貼り、そのマーカを検出することでカメラ映像から家具の位置を特定する。マーカでは家具の位置だけしか特定できないため、家具寸法は手入力する。そうして家具の位置・寸法に合わせて各種CGが合成される。

(2)危険度及び危険領域の推定

家具転倒の危険度の推定は、家具転倒に伴う人的負傷度と家具の転倒確率の2つの項目から成る。人的負傷度は、岡田ら¹⁾によって作成された家具及び転倒の種別と人的負傷度との対応表を用いて評価する。転倒の種別には図2に示すように1)単純な転倒、2)内容物の散乱、3)転倒及び散乱の3種類があり、家具の種別だけでなく転倒の種別によっても人的負傷度は変化する。人的負傷度の割合に応じて家具に重ね合わせたCGの色を変化させる。例えば危険度が低い場合には緑色、高い場合には赤色で表示するなどして直感的に危険度を認識できるようにする。



転倒 内容物散乱 転倒及び散乱

図2 転倒の種別と危険領域

転倒確率は、家具の寸法及び床応答震度に着目した岡田による簡易推定式²⁾を用いて推定する。

$$R(I) = 0.8 \cdot \Phi((I - 0.7) / 0.87 - \lambda) / \zeta \quad (1)$$

$$e^\lambda = \begin{cases} D/H \cdot 980 \cdot (1 + D/H) & 3.18 \leq F_b \\ 20\pi \cdot D/\sqrt{H} \cdot (1 + D/H)^{2.5} \cdot 3.18 & F_b < 3.18 \end{cases} \quad (2)$$

$$F_b = 15.6/\sqrt{H} \cdot (1 + D/H)^{-1.5} \quad (3)$$

ここに、 $R(I)$ は家具の転倒確率、 I は床応答震度、 Φ は平均 λ 、標準偏差 ζ の累積正規分布関数である。 ζ は文献2を参考にして0.58に固定し、 λ は家具の寸法から、式(2)を用いて求める。 D 、 H は家具の奥行きと高さで、 F_b は家具の境界振動数で式(3)より求められる。震度は手で入力する方法と、サーバからJ-SHIS³⁾による対象地点の予想震度を獲得する方法の2つから選ぶことができる。さらに人的負傷度と転倒確率の積を転倒領域の危険度として、転倒領域のCGの色に反映させる。危険領域には図2に示したように転倒の種別に応じた3パターンがあり、家具の位置や寸法に合わせて危険領域のCGを合成・表示することで危険領域をその場で確認することができる。

2.2 アニメーションモード

家具の寸法、想定震度、適当な地震の加速度波形を用いて家具の挙動を擬似的に推定して家具の映像の位置・寸法に合わせてリアルタイムでアニメーション表示する。スマートフォンのスペックなどの問題から挙動の推定は極めて擬似的なものである。

3.動作事例

3.1 危険度評価モード

図3は家具に合わせたCGの合成の様子で直方体状の枠線がARによって合成されたCGである。まずマーカにより家具の位置を検出し(図3左)、続いて寸法を入力する(図3中)と家具の位置・寸法に合わせたCGが合成される(図3右)。図4aのように家具及び転倒の種別などを入力するとその家具の危険度が計算され、家具の色や転倒領域の色などに反映される(図4b)。また各家具の危険度を一覧で確認することもできる(図4c)。

3.2 アニメーションモード

図5のように家具の位置・大きさに合わせて仮想の家具を合成・表示して、リアルタイムに挙動を推定してそれをアニメーション表示する。これによりユーザは家具転倒を視覚的にイメージできる。

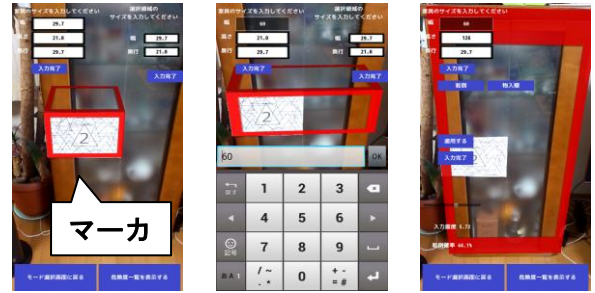
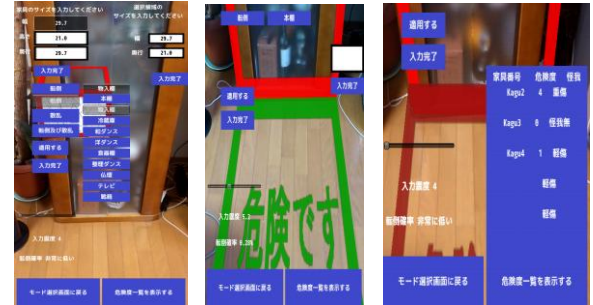


図3 家具の位置・寸法に合わせたCG合成



a)種別選択 b)転倒領域 c)危険度一覧

図4 その他の動作事例



図5 アニメーションモード

4.おわりに

本研究ではスマートフォンとAR技術を用いて、個人の室内環境に合わせた地震時危険度診断を行うシステムを実現した。一方で危険度評価の正確性やユーザインタフェースなどに関する課題も多く、さらに実地試験やユーザに対するアンケート調査を行なっていく必要があるだろう。スマートフォンは今後更なる普及が見込まれ、多くの人にとってより身近なツールとなることが予想される。そのため一人一人に合わせた防災用ツールとしての潜在能力は非常に高く、今後更に発展していくことが期待される。

謝辞

本研究は、公益財団法人関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団の助成により行った。

参考文献

- 1) 青木俊典, 中島唯貴, 岡田成幸: 解剖学的外傷重傷度指標の導入による地震時人体損傷評価法, 日本建築学会東海支部研究報告書, 第47号, pp1, 2009.
- 2) 岡田成幸, 中島唯貴: 緊急地震速報を利用した個人世帯における負傷回避システムの開発, 建築学会総合論文誌, pp4-5, No.8, 2010.
- 3) J-SHIS 地震ハザードステーション: 「全国地震動予測地図」
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/shm>