

人間系（避難行動）における活用方策の提案 その2 負傷回避のための室内空間安全性モニタリング

Part2. Indoor space safety monitoring against injured occurrence due to furniture overturned.

中嶋 唯貴 [1]; 岡田 成幸 [2]

Tadayoshi Nakashima[1]; Shigeyuki Okada[2]

[1] 名工大; [2] 名工大

[1] Graduate School of Engineering

,Nagoya Institute of Technology.; [2] NITECH

1. 承前

前稿（その1）を承け、地震発生時には緊急地震速報からの震度情報を基に住家の被害状態及び死者発生可能性を瞬時に評価し、建物外への緊急避難の必要性無しの情報を得た場合、室内において地震に備える事になる。室内には家具の転倒等に伴う地震危険性が存在する。残りの地震猶予時間数秒間にできることは、家具等が転倒してくる危険領域から離れることぐらいであるが、数秒という焦りの中で迅速に安全領域を見極め移動する確さが要求される。この要求に応えるべく、そのような極短時間での意思決定を、時に間違ふ人間の判断に任せるのではなく、コンピュータに的確に自動判定させ、猶予時間を有効に使う安全な避難誘導をサポートするシステムの開発を行った。

2. 全体構成

本システムは以下のハードウェアとソフトウェアから構成される。システムへの要求は室内空間全体を時刻歴で追跡することにあるため映像信号処理による方法を採用し、近年 IT 分野での発展が著しいコンピュータービジョン技術に応用することを試みる。室内環境及び居住者の行動・位置を把握する監視センサーに CCD カメラをハードウェアとして用いる。そのビデオ出力信号を処理するため以下の4つの働きをするソフトウェアを新たに開発した。

(1) 室内空間の情報化

まず事前に、室内区間を3次元環境地図として、また設置家具を静的オブジェクトとしてコンピュータ上に情報化しておく必要がある。システム利用者は建築やITに不慣れな場合が多いことに配慮し、CCDカメラからのキャプチャー画像をマウスクリックによる簡単操作でコンピュータ上に空間位置情報化が行えるように工夫した。また、1点透視図法を応用し室内の3次元表現と家具スケールの自動認識アルゴリズムを実装した。

(2) 危険/安全領域の峻別と空間マーキング

室内空間を地震の揺れに伴う家具転倒で浸潤される危険領域と転倒から保護される安全領域とを峻別する必要がある。家具のアスペクト比に着目した転倒率簡易推定式は金子¹⁾を基本とするが、地震動（床応答）について最大床応答加速度 A_f と最大床応答速度 V_f を知る必要がある。緊急地震速報は震度情報 I のみ提供されるので、 A_f と I との関係に河角²⁾を、 V_f と I との関係に Muramatu³⁾を代入し整理すると、式(1)が誘導できる。

$$R(I) = \frac{1}{2} \left(\frac{I - 0.5}{0.5} \right)^2 \quad (1)$$

$$e = D/H \cdot g \cdot (1 + D/H) \text{ at } F_f \quad F_b$$

$$e = 10D/H \cdot (1 + D/H)^{2.5} \cdot 2 \quad F_f \text{ at } F_f > F_b \quad (2)$$

$$F_f = A_f / (2 \quad V_f) \quad (3)$$

$$F_b = 15.6/H \cdot (1 + D/H)^{-1.5} \quad (4)$$

ここに、 I は最大床応答加速度 ($= \ln A_f$) は平均標準偏差 ($= 0.58$ 固定) の累積正規分布関数、 e は床と家具とのすべり摩擦係数 ($= 0.8$ 固定)、 D/H は家具アスペクト比、 g は重力加速度、 F_f は床応答等価振動数 ($= 3.18$ 固定) [Hz]、 F_b は家具の境界振動数 [Hz] である。以上のように、家具アスペクト比と震度のみで家具の転倒確率が求められる。

(3) 居住者の動態把握と位置把握

システム動作時において、ビデオキャプチャー画像に背景差分法を用いることで動態として人間抽出が自動的に行われる。同時に、動態映像の床面との設置点を自動探索し居住者の位置情報を得る。

(4) マーキングされた安全空間への居住者誘導

居住者の位置が危険領域と重なった場合、危険と判断し、音声による避難誘導を行う。転倒率 30% 以上の領域にいるとき、「そこ、すごく危険です。」転倒率が 0% より大きく 30% 未満のとき、「そこ、危険です。」と人工音声によりコンピュータが発声し、音声誘導を行う。CCD カメラによる動態監視は常時行っているが、音声誘導は日常生活では不要なため、緊急地震速報に連動して起動するしくみとする。居住者はその音声誘導に従い、転倒領域を避けて避難移動することになる。

3. おわりに

本システムは、緊急地震速報から得られる数秒の猶予時間を、室内における人的被害の軽減に有効活用するための一つの案としてここに提案した。大きな揺れがくるまでの猶予時間が仮に 1 秒であったとしても、本システムが稼働していれば、危険状態を事前に通知し、安全領域への移動を促してくれる。そこに居住者の判断を持ち込む必要はなく、人の判断間違いを抑制する。本システムが室内における人的被害軽減に果たす役割は大きいであろう。

参考文献

1) 金子美香：地震時における家具の転倒率推定方法、日本建築学会構造系論文集、第 551 号、pp.61-68、2002. 2) 河角広：震度と震度階（続）地震、15、pp.6-12、1943. 3) Muramatu, I: Expectation of maximum velocity of earthquake motion within 50 years throughout Japan Sci.Rep.Gifu Univ.,3, 470-481,1993.