

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 Alaghebandian Ali

日本において住宅の多くは木製骨組構造の形態をとっており、それらの構造物に対して様々な耐震設計基準が開発されてきた。しかし、建築年の古い家は最近の基準に基づく高耐震性能を満たしていることは殆どない。神戸地震(1995年)においては、約8000棟の木造住宅が倒壊し、約6300人の人々が犠牲となったが、うち約5000人は構造物の崩壊が原因で亡くなったとされている。この例から分かるように、古い木造住宅の補強は地震の際の人々の安全性の向上のための重要な要素となっている。それにもかかわらず、特に1980年以前に建設された木造住宅の耐震性能向上を目的とした補修作業は十分に進展していない。この問題を解決するためには、木造住宅に実際に居住する人々に地震に対する重要なリスクを伝え、補修を促すことが必要となる。専門家は木造住宅の住民の地震リスクに対する意識を高め、各自が直面するかもしれないリスクをコントロールするため自ら行動を起こすよう、動機付けをする情報を提供する責任がある。住民の側はリスクを回避するために、様々なメディアから受け取る地震に関する情報を理解し、その妥当性を検討するために、認識力をはじめとする様々なスキルを持たなくてはならない。住民は個々人が地震リスクに関する情報を理解しなければならない。

コンピューターシミュレーションとグラフィックスを用いた住宅街の地震時の挙動シミュレーションは、その地域の住宅に住む人々に地震のリスクを分かりやすく伝えるのに一つの有効な方法であるが、挙動をシミュレーションするためには個々の住宅の解析を行う必要がある。しかし、既存の木造住宅の構造パラメータは少なく、その構造モデルを作成するのは容易ではない。

本博士論文はこのような背景のもとに、限られた情報から構造パラメータの抽出方法を検討し、得られたパラメータをもとに住宅の地震時の挙動の解析を行うための構造モデルの作成を考究したものである。具体的には、限られた情報として地理情報システム(GIS)と画像を取り上げている。住宅の住所はGISデータベースにおいて住宅を認識するためのインプットとして用いられた。もう一つの情報として、携帯電話に付属のデジタルカメラのような一般的な機器を用いて簡易に撮影した写真から得られる住宅の側面の様子も一つのインプットとして用いている。なお、住宅の築年数についてはおおよその値は住宅の写真から予測することも可能であるが、住民からのインプットとして与えられると考えている。

1 章では研究の背景，研究の目的などを述べ，2 章では木造家屋の耐震性を支配する構造パラメータと本研究で抽出するパラメータとの関係について述べている．3 章では，各木造家屋の画像マッチングに用いる画像標本ライブラリーの作成，4 章では実家屋の画像の処理，5 章では，標本を使った実家屋の画像へのマッチングの方法を述べ，最後においては，同定されたパラメータを使っての木造家屋の地震時シミュレーションの例を示し，結論を述べている．論文の具体的内容は以下のとおりである．

住宅の高さは GIS データから抽出されている。それをもとに住宅の階数及び各階の高さが予測される。また、GIS から得られる頂点の情報は、住宅の 2 次元多角形断面を形成するのに利用される。さらに、住宅の高さから断面を作成することで、住宅の 3 次元モデルが作成される。日本の木造住宅の建築デザインの研究を行うことで柱の配置と壁面における窓と扉の位置の関係を示し、壁に内蔵される柱の位置の予測を行った。

窓及び扉の位置を予測するためには、住宅の写真が用いられた。ここで、本研究では 2 つの手法が試みられた。1 つ目の手法においては、エッジ抽出、及び、物体認識の手法を用いて画像解析を行い、住宅の写真から物体を直接認識した。この手法を用いると、例えば特殊な形態の屋根のように、周囲とは性質の異なる物体について高精度で検出を行うことが可能となった。しかし、この手法では高品質のカメラを用いて、一定の輝度のもとで一定の方向から住宅の撮影を行う必要があり、撮影状況の制約が大きい。よって、この手法は一般的に応用することは難しいと指摘している。

そこで、2 つ目の手法として、既存の住宅の 3 次元コンピューターモデルのパターンマッチングを提案した。この手法では始めに、日本の木造住宅の構造の建築デザインを参照し、窓と扉の配置が決定される。そして、その情報は 3 次元コンピューターモデルへと入力される。さらに、窓と扉の位置を入力することで柱の位置が更新され、様々な 3 次元コンピューターモデルが構築される。この 3 次元コンピューターモデルは 3 次元コンピューターモデル階層のオブジェクトとして考えられ、柱の位置などのパラメータはオブジェクトの特徴として扱われる。そして、実際の住宅はその階層の全てのオブジェクトと比較され、最も高いマッチ度を示すオブジェクトが実際の住宅の 3 次元コンピューターモデルとして扱われる。この手法では、実際の住宅はそのオブジェクトと同じ特徴を持つとみなされる。

本研究では、マッチングの過程に多様性を持たせるための要素が研究され、それにより、マッチングによる方法はオブジェクトを直接認識する方法と比較しても有効な手法として用いられることが示された。異なる条件で撮影された住宅の写真を用いて、約 84% の有効なマッチングに成功した。そして、マッ

ングの結果として現存する住宅の 寸法、柱の高さ及び配置、梁の長さ及び位置、ジョイントの位置、壁の配置や寸法が決定された。それに基づき、構造モデルの各階の重量の計算においては天井及び屋根・壁の重量から床の受ける荷重の推定法、天井、屋根、壁、床の重量は住宅の床面積及び壁面積を用いての推定法を示している。最後に、本研究では、ある住宅を対象に、抽出されたパラメータと他のいくつかの仮定を導入し、DEMによる地震応答解析例をしめしている。

以上、本研究は、木造家屋の構造パラメータの同定という極めて社会的にも重要な課題に対し、GIS と画像を用いるという新しい手法を提案している。その適用にはまだ限界があるものの、新しい展開を示唆し、またそのシステム化にも寄与するところが多く、有用性に富む研究成果と評価できる。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。