

倒壊シミュレーションのための木造家屋構造のワイヤーコネクタを用いたモデル化手法の提案

北海道大学大学院情報科学研究科 ○濱野 拓人, 小野里 雅彦, 田中 文基  
要旨

家屋倒壊シミュレーションに使用する家屋モデルの作成は、部材間の干渉や接続、および部材内部の破断を模した分割を考慮する必要があるため、手入力でのデータ作成には手間がかかる。本研究では、木造家屋構造を部材、部材同士の接続、平面材、屋根に分割し、それぞれをワイヤーコネクタによりモデル化することで仮想的な木造家屋を表現した。ワイヤーコネクタモデルを入力として処理することで、家屋モデルを自動的に生成できた。

1. 研究背景と目的

1995年1月17日未明に発生した阪神淡路大震災は、死者6,400人以上、負傷者4万人を超える大災害であった[1]。この震災を踏まえ、地震が発生した際により多くの命を救うため、全国各地で救助機器の開発が進められている。しかし主な救助活動の場である“がれき”については知見が不足しており、救助機器の定量的評価は十分にはなされていない。そこで本研究グループでは、がれきの知見集積のため、仮想空間上におけるデジタルがれきモデルの生成・解析・利用のための手法を提案してきた。その中でもがれきの生成は、物理エンジンを用いた家屋の倒壊シミュレーションにより行うが、シミュレーションに使用する家屋モデルの作成は、部材間の干渉や接続、そして部材内部の破断を模した分割を考慮して行う必要があるため、手入力でのデータ作成には手間がかかる[2]。そこで本研究では、木造家屋を部材の太さや接続状況を考慮せずに表現する手法として、ワイヤーコネクタによるモデル化手法を提案する。そしてワイヤーコネクタモデルを入力として処理することで、部材の接続や破断を考慮した家屋モデルを自動的に生成するシステムを構築する。

2. 家屋倒壊シミュレーションの概要

家屋倒壊シミュレーションは図1のように加震台と家屋モデルを組み合わせることにより行う。加震台は地震動する地面を模擬したものであり、加震台に対して上下、前後、左右の地震変位を加えることにより、地震を模擬する。家屋モデルは、木造軸組構造で建てられた家屋をコンピュータ上に構築したものであり、図2のように部材を直方体の剛体として表現し、それらをジョイントで接続することで構成される。それぞれの部材は“折れる”や“割れる”といった破壊現象を表現するため、部材内部を複数の構造素に分割し、接続することで構成される。以降、この情報をコンピュータで作成するためのモデル化手法および、そのモデルからの家屋生成手法について述べる。

3. ワイヤーコネクタによる木造家屋構造のモデル化

本研究では家屋のモデル化を行うにあたり、図3のようなワイヤーコネクタを用いる。そして家屋の構成要素を部材、部材同士の接続、平面材、屋根に分割し、図4のようにモデル化を行う。それぞれの要素の詳細を以下に示す。

A. 部材：柱や梁といった軸材料は、ワイヤーとしてモデル化する。ワイヤーとして表現することで部材の太さを考慮せずに家屋構造を表現できる。なおワイヤーはXY, YZ, XZのいずれかの平面上に存在するものとする。

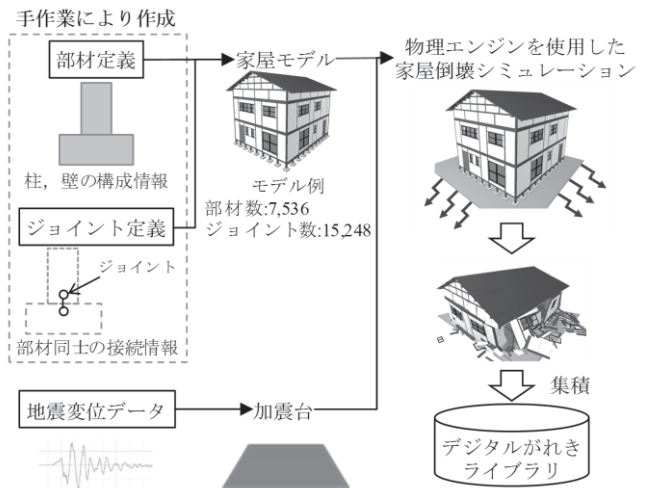


図1 家屋倒壊シミュレーションの概要

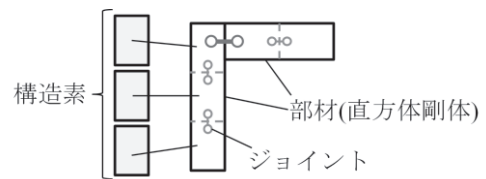


図2 家屋の構成要素の表現

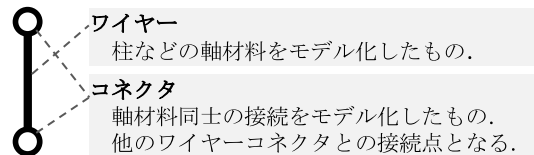


図3 ワイヤーコネクタ

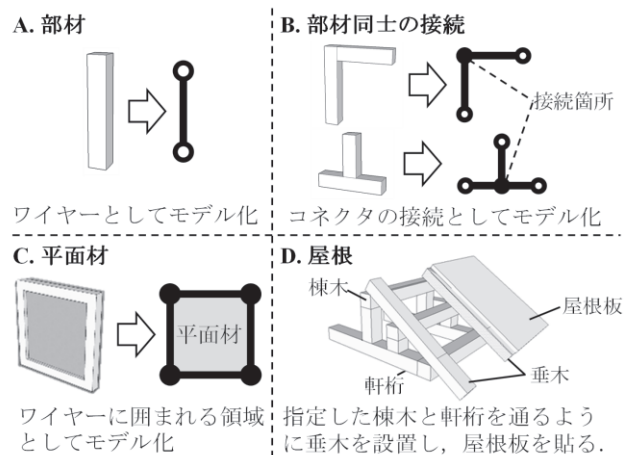


図4 家屋の構成要素のモデル化

**B. 部材同士の接続**：柱と梁といった部材同士の接続は、コネクタ同士の接続もしくは、コネクタとワイヤーの接続としてモデル化する。XY, YZ, XZ のいずれかの平面においてワイヤー同士が交差する箇所が、部材同士の接続箇所となる。

**C. 平面材**：壁や床といった平面材は、ワイヤーに囲まれる四角形領域としてモデル化する。

**D. 屋根**：屋根には斜め部材である垂木が含まれるため、ここまで述べてきた構成要素では表現できない。そこで屋根に関しては、切妻屋根に限定してモデル化する。指定した棟木と軒桁を通るように垂木を設置し、その上に屋根板を張るものとする。

これらのモデル化により、木造家屋構造をワイヤーコネクタの組み合わせによって、一部を除き表現することが可能となる。

#### 4. ワイヤコネクタモデルからの家屋生成

ワイヤコネクタモデルを用いた家屋の構築フローを図5に示す。またその詳細を以下に示す。

i. ワイヤコネクタモデルを、C++とOpenGLを用いて作成したGUIツールで製作し、その情報を記述した“ワイヤコネクタモデル定義XMLファイル”を出力する。

ii. ワイヤコネクタモデル定義XMLファイルをPythonで作成したプログラムにより、“部材・ジョイント定義XMLファイル”に変換する。ワイヤコネクタモデルから部材とジョイントを生成する例を図6に示す。図6(a)のように、部材が接続されている場合、モデル内に定義されている太さおよび中心とする部材の情報を考慮し、部材とジョイントを生成する。そして部材を構造素に分割し、部材の生成を完了する。図6(b)のように平面材が定義されている場合、まず図6(a)と同じように接続点の解決を行う。そして周辺部材の太さを考慮して平面材の大きさを決定し、部材および平面材の構造素への分割を行う。これらの様な変換処理により作成された、部材・ジョイント定義XMLファイルには、物理エンジンで家屋モデルの部材およびジョイントを定義するために必要な情報が含まれる。

iii. 部材・ジョイント定義XMLファイルを倒壊シミュレーションソフトウェアで読み込むことにより、作成した家屋をシミュレーション空間上に配置する。

このようなフローにより、家屋モデル作成部分とシミュレーション部分を分離できるため、使用する物理エンジンを考慮せずに家屋モデルの製作が可能となる。先行研究で利用していた家屋モデルと同様の寸法を持つワイヤコネクタモデルをGUIツールにより作成し、倒壊シミュレーションを行った結果を図7に示す。この結果より、家屋全体のワイヤコネクタモデルを変換し、自動的に家屋モデルを生成することができた。なお現時点では部材間および部材内部の破断限界値としては暫定的な値を用いている。

#### 5. 結論

本研究では、木造家屋構造をワイヤコネクタでモデル化した。そしてそのモデルを作成・変換するフローを提案し、容易に家屋モデルを生成できるシステムを構築した。

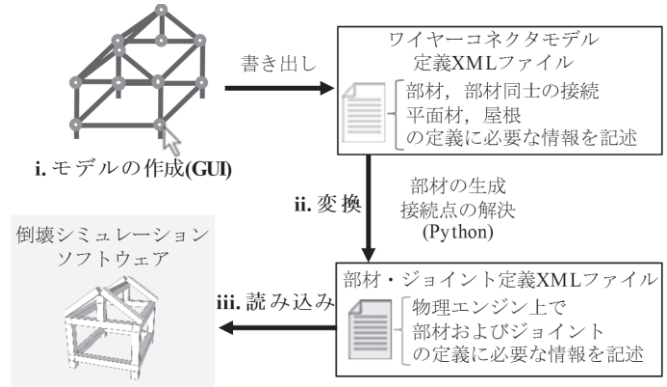


図5 ワイヤコネクタモデルからの家屋生成手順

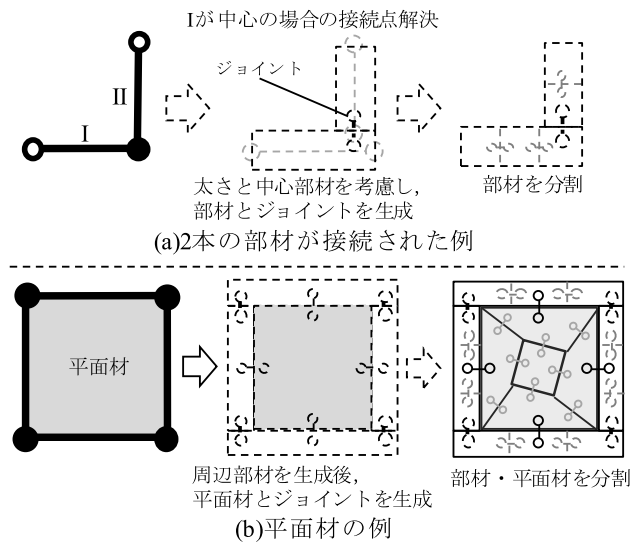


図6 部材およびジョイントの生成例

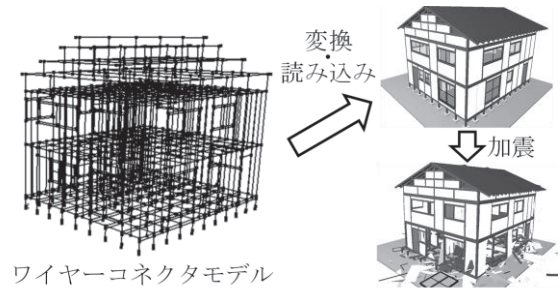


図7 ワイヤコネクタモデルからの家屋生成結果

現状のシステムでは、筋交いなどの斜め部材や、四角形以外の平面材を定義できない。そのため今後の課題としては、部材や平面材の定義方式の拡張による、様々な家屋構造を生成可能なシステムの構築が挙げられる。なお、本研究はJSPS 科研費 25282096 の助成を受けたものである。

#### 参考文献

[1] 総務省消防庁：阪神・淡路大震災について（確定報），<http://www.fdma.go.jp/bn.2006/detail/418.html>，2006。  
 [2] 毛利，小野里，田中：地震観測データを用いた木造家屋の倒壊プロセスシミュレーション，2009年度精密工学会春季大会学術講演会，B-16，2009。