

平成 22 年 6 月 2 1 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19560542

研究課題名（和文） 3次元都市モデルを活用する防災まちづくり支援システムの開発

研究課題名（英文） Development of a Urban Planning Support System for Disaster Prevention Utilizing 3D Urban Model

研究代表者

杉原 健一（Sugihara Kenichi）

岐阜経済大学・経営学部・情報メディア学科・教授

研究者番号：80259267

研究成果の概要（和文）：

現状のメッシュ地図形式のハザードマップのみではリアリティーに乏しい。地域防災力向上のためには、災害イメージを具体的に実感できる詳細なハザードマップが有効であり、建物や電柱、ブロック塀等の3次元モデルを用いた「3次元ハザードマップ」は、「現実の世界に起こりうる災害状況」をシミュレーションすることが可能である。本研究では、現実の世界に起こりうる災害状況となる「建物やブロック塀などの傾斜や倒壊」の状況を3次元シミュレーションする「防災まちづくり支援システム」を開発することを目的とする。

研究成果の概要（英文）：

Hazard maps play an important role in letting residents know where are the dangerous areas of their city or where to evacuate when hit by the great earthquake. However it is difficult for residents to imagine possible dangerous situation caused by the earthquake only by looking at a hazard map, since a hazard map shows seismic intensity of the meshes into which the map is divided. We develop "GIS and CG integrated system for Automatic Generation of 3D Urban Models" and aim at developing "3D hazard map for collapse simulation" using 3D building models automatically generated. The system automatically generates 3-D building models based on present digital maps or alternative plans proposed by urban planners or designers, and it can be the disaster prevention support system which can visualize collapsed buildings and blockaded road.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学 交通工学・国土計画

キーワード：土木計画学、3次元都市モデル、ハザードマップ、防災まちづくり支援システム、GIS、CG、自動生成

科学研究費補助金研究成果報告

1. 研究開始当初の背景

今日、東海・東南海・南海地震及び日本海溝・千島海溝型地震など海溝型大地震の発生切迫性が指摘されている。こうした状況下で、道路や公園及び諸活動の拠点となる防災拠点施設等の地区公共施設の整備とあわせて、建築物の耐震不燃化を総合的に推進すると共に、地域の防災力向上のため住民参加のまちづくり活動を支援することが求められている。そこで、本研究では次の当初の背景に基づいて、研究を進めた。

(1) 自動作図システムの開発

防災まちづくりを支援するため、細分化された敷地に老朽住宅が密集する市街地において、どのように敷地規模を拡大すれば、道路や広場が確保できるのか、電子地図上に色々な整備案を描いて検討している。現状では、この整備案を作成するために、GIS(地理情報システム)等を用い、多大の労力と時間をかけ、建物境界線や敷地境界線、道路境界線を手作業によって描いている。

(2) 建物倒壊等の3次元シミュレーション

地域防災力を高めるための啓発材料としてハザードマップの整備と普及が急務である。しかし、現状のメッシュ地図形式のハザードマップのみではリアリティーに乏しい(日本地理学会のハザードマップに対する提言)。地域防災力向上のためには、災害イメージを具体的に実感できる詳細なハザードマップが有効であり、建物や電柱、ブロック塀等の3次元モデルを用いた「3次元ハザードマップ」は、「現実の世界に起こりうる災害状況」をシミュレーションすることが可能である。

2. 研究の目的

本研究では、交付を希望する期間内に、地域の防災まちづくり支援するために、次の当初の目的をあげて、研究を行うとした。

(1) 自動作図システムの開発

防災まちづくりのために、狭小道路の拡幅、防災上・居住環境上有効な公園・広場の確保、敷地の共同化・集約化などを行う整備案となる電子地図を自動的に作図するアルゴリズムを明らかにし、自動作図システムを開発することを目的とする。

(2) 建物倒壊等の3次元シミュレーション

本研究では、これまでの研究成果(3次元都市モデル自動生成システム)を発展させ、現実の世界に起こりうる災害状況となる「建物やブロック塀、電柱などの傾斜や倒壊、延焼、道路閉塞等」の状況を3次元シミュレーションすることが出来る「防災まちづくり支援システム」を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、具体的に、次の当初の研究方

法で研究を行うとした。

(1) 自動作図システムの開発

建物の共同建替え、狭隘道路の整備、公園・広場の確保等を行う整備案を電子地図上に自動的に作図するシステムの開発を目指す。このために、本システムは、次のユーザーインターフェイスを備える。1)共同建替えを行う敷地や集約換地が可能な敷地を選択する、2)広幅員とする区画道路を道路中心線で指示する、3)集約換地されてできるまとまった土地の位置を指定する。その上で、集約面積、接道義務などの拘束条件と、道路・空地をできるだけ多く確保すると、評価が高くなる評価関数を用いて、「集約された敷地」と新たに敷地割りする「集約されなかった敷地」、「区画道路」を作図するアルゴリズムを明らかにする。

(2) 建物倒壊等の3次元シミュレーション

震災による道路閉塞の状況を3次元シミュレーションするために、倒壊、傾斜した建物や電柱、砕かれたブロック塀等のモデリングを行う。このために、建物の耐震上の構造や建物規模、築年数に応じて、建物倒壊のパターンを類型化し、倒壊建物の3次元モデリングを行う。それから、物理シミュレーションに基づくパーティクルシステムを用いて、砕かれたブロック塀等の3次元モデリングを行う。建物の3次元モデリングには、次ページの図Aに示すように、これまでの研究成果「3次元建物モデルの自動生成」のプログラムを発展させて、プログラム開発を行う。

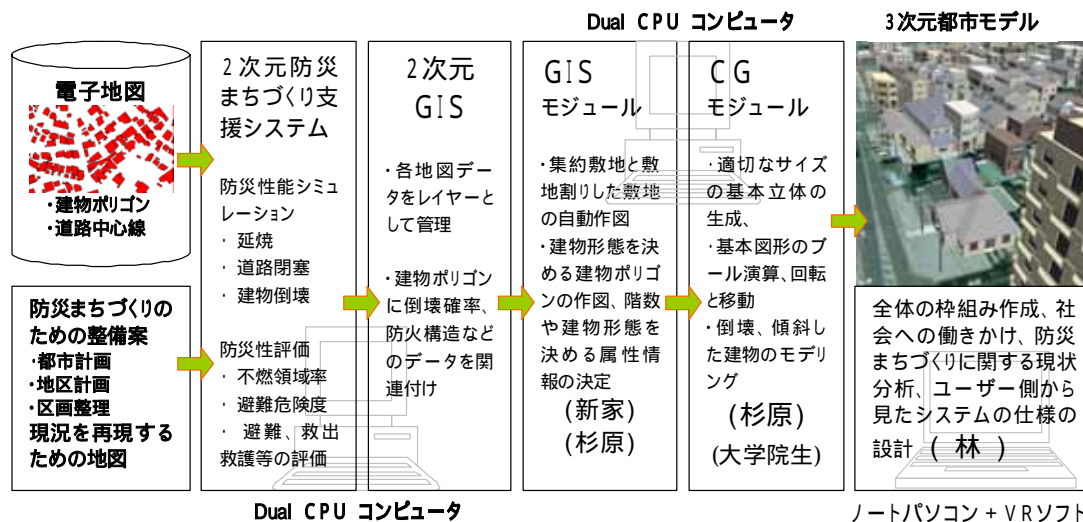
4. 研究成果

研究の主な成果、得られた成果の国内外における位置づけとインパクト、今後の展望などについて、以下にまとめる。

(1) 倒壊3次元建物モデルの自動生成

背景と目的

建物等の3次元モデルを用いた「3次元ハザードマップ」は、「現実の世界に起こりうる災害状況」をシミュレーションして、人々が災害イメージを容易にいただくことができる。このことは、住民、行政、専門家で災害イメージを共有し、災害を分析、対策案の検討を行い、地域の整備案を考え、地域の防災力向上につながることになる。しかし、現状では、この3次元モデルを構築するためのモデリングに膨大な時間と労力がかかる。そこで、本研究では、これまでの研究成果である「3次元都市モデルの自動生成システム」を発展させ、地震で倒壊し、傾斜してしまった建物や電信柱等で構成される3次元モデルを自動的に作成することで、建物倒壊、道路閉塞などのシミュレーションを行うことが出来る「3次元ハザードマップ」を自動的に作成



図A 3次元都市モデル自動生成のプロセスと構成(設備備品)と研究員の役割分担

するシステムの開発に成功した。

自動生成のプロセス

本研究での3次元建物モデルの自動生成のプロセスを図Aに示す。建物の3次元モデルの情報源になるものは、建物境界線である建物ポリゴンが描かれている電子地図である。電子地図は、汎用のGISによって、蓄積・管理される。電子地図上の建物ポリゴンは、次工程であるGISモジュールにて、(a)複雑な形状をした頂角が直角の建物ポリゴン(直角ポリゴン: orthogonal polygon)を長方形の集まりにまで分割する。(b)建物ポリゴン上のノイズ辺や不要な頂点をフィルタリングする。(c)建物境界線よりセットバックした所にある窓やドアを配置するため内側境界線を生成する。

これら前処理したデータを、3次元CGソフト(3ds Max)をコントロールするCGモジュール(MaxScriptで開発)が取込み、[1]屋根や建物本体、窓など建物の部品となる、適切な大きさの直方体、プリズム、多角柱等の基本立体(プリミティブ)を作成する。[2]これらの基本立体に対して、例えば、建物本体に窓やドア用の穴を空ける等のブール演算を行う。[3]作成した建物の部品を回転する。[4]正しい位置にこれらを配置する。[5]これらに対してテクスチャマッピングを施す、等の処理を行い、3次元建物モデルを自動生成する。3次元都市モデルの元になる電子地図として、オルソ画像上に描いた建物ポリゴンを図Aの左端に示し、建物ポリゴンを、上記処理を行い自動生成した3次元都市モデルを図Aの右端に示す。

3次元ハザードマップの作成

3次元ハザードマップの元になるものは、図Bの左上に示すような自治体が作成するメッシュデータ形式のハザードマップである。ハザードマップでは、例えば、東海・東南海地震同時発生時の震度(ゆれの強さ)をメッシュ単位で、震度の強さに応じて色分けして表示する。今回の研究では、各メッシュの

震度の強さに応じて、メッシュ内の倒壊・傾斜する建物の数を決め、その数の建物ポリゴンをランダムに選択して、倒壊・傾斜モデルとすることで、建物倒壊シミュレーションを行う3次元ハザードマップとした。3次元ハザードマップ作成のプロセスを図Bに示す。本研究では、メッシュデータ形式のハザードマップが与える同時発生時の震度のみに応じて、倒壊・傾斜モデルを作成した。しかし、昭和56年度の耐震基準を盛り込んだ建築基準法に準じた昭和56年度以降の建物かそうでないか、建物でも耐力壁が多いか少ないかで倒壊確率は大きく異なる。現状では、個々の建物で、どこが耐力壁となっているか、何年度に建てられた建物であるかなどの情報は、個人情報保護の観点からも入手は困難であり、得られるデータの範囲内で、即ち、メッシュデータ形式のハザードマップの震度分布に基づいて、3次元ハザードマップを作成することとした。

(2) 防災教育のためのリアリティのある3次元ハザードマップの自動生成

災害対応力を高めるため、ハザードマップを活用した防災教育が重要である。ところが、このとき、通常、使用される確率的震度分布等を与えるメッシュデータ形式のハザードマップでは、リアリティに乏しい。効果的な防災教育を行うためには、災害イメージを具体的に実感できる倒壊建物等の3次元モデルを活用した詳細なハザードマップが有効である。例えば、地震で倒壊する前と後の建物をシミュレーションする3次元モデルは、ゲーム世代の学習者が、防災教育やまちづくり等の学習で、学習意欲を向上させる「学習の魅力的な入口」として、あるいは、防災工学や都市計画での学習で、難解な説明文や断面図、平面図だけでなく、分かりやすい、全体を把握するのに容易な教材を提供するものである。しかし、現状では、この3次元モデルを構築するためのモデリングに膨大な時間と労力がかかる。そこで、本研究では、



確率的地震動予測地図



3次元都市モデル自動生成システム

- ・建物ポリゴンの分割
- ・ノイズ辺や不要な頂点のフィルタリング
- ・適切なサイズの基本立体の生成とブル演算、回転と移動

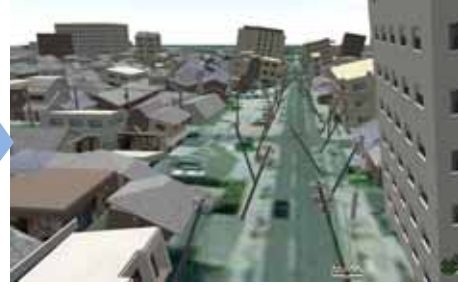


図 B 現状のハザードマップと建物倒壊と道路閉塞をシミュレーションした3次元都市モデル

これまでの研究成果、GIS(地理情報システム)とCGを統合化して、電子地図上の建物境界線や道路中心線に基づく「3次元都市モデルの自動生成システム」を発展させ、地震で倒壊し、傾斜してしまった建物や電信柱等で構成される3次元モデルを自動的に作成することで、建物倒壊、道路閉塞などのシミュレーションを行うことが出来る「3次元ハザードマップ」を自動的に作成するシステムを提案する。

5. 主な発表論文等 (研究代表者、研究分担者は下線)

[雑誌論文](計17件)

杉原健一、林良嗣：“3次元建物倒壊シミュレーションのための3次元ハザードマップの自動生成”，地理情報システム学会講演論文集，査読無，Vol.18，pp.159-162，2009.10

杉原健一：“防災教育のためのリアリティのある3次元ハザードマップの自動生成”，教育システム情報学会(JSiSE)，第34回全国大会講演論文集，査読無，pp.82-83，2009.8

杉原健一：“電子地図上の多重建物境界線からの3次元建物モデルの自動生成”，画像電子学会，情報処理学会，Visual Computing / グラフィックスとCAD合同シンポジウム2009予稿集，査読付き論文，pp.275-280，2009.6

杉原健一：“電子地図に基づくビルディングの自動生成”，情報処理学会研究報告2009-CG-134 グラフィックスとCAD，査読無 pp.49-54，2009.2

杉原健一、林良嗣：“様々な形態の屋根付き3次元建物モデルの自動生成”，土木学会 情報利用技術委員会 2008年度土木情報利用技術論文集 査読付き論文，Vol.17，pp.153-160，2008.10

杉原健一、林良嗣：“Automatic Generation

of 3-D Building Models with Multiple Roofs”，Journal of Tsinghua University Science and Technology (清華大學(中国)のジャーナルに採録) 査読有，Vol.13 No.S1 pp.368-374，2008.10

杉原健一：“様々な形態の屋根付き建物モデルの自動生成”，FIT2008，第7回情報科学技術フォーラム，講演論文集 査読無 第3分冊，pp.219-220，2008.9

杉原健一：“防災教育のための3次元ハザードマップの自動生成”，教育システム情報学会(JSiSE)，第33回全国大会講演論文集，査読無 pp.342-343，2008.9

Kenichi SUGIHARA：“Visualization of Multiple-Roofed 3-D Building Models from Digital Maps”，IEEE Visualization 2007，Vis Posters，査読有 pp.42-43，Oct 28-Nov 1，2007，Sacramento，California

杉原健一、林良嗣：“3次元都市モデルを活用する防災まちづくり支援システム”，第32回情報利用技術シンポジウム，査読無 pp.2-5，2007.10

杉原健一、林良嗣：“Generalized Building Polygon Partitioning for Automatic Generation of 3-D Building Models”，土木学会 情報利用技術委員会 2007年度 Journal of Civil Engineering Information Processing System(土木情報システム論文集) (査読論文の英語訳)

杉原健一、林良嗣：“3次元建物モデルを用いる防災まちづくり支援システム”，地理情報システム学会講演論文集 査読無 Vol.16，pp.379-382，2007.10

杉原健一、木村寛之((株)イビソク)：“中世・古代の建築物を復元する3次元モデルの自動生成”，電子情報通信学会 信学技報 査読無 MVE2007-39，pp.13-18，2007.10

杉原 健一、木村 寛之((株)イビソク):“ 自動生成システムによる古代の建物の復元 - 美濃国分寺を復元する 3 次元モデルの自動生成 - ”、日本情報考古学会 講演論文集(第 24 回大会)、査読付き論文、Vol.4(通巻 24 号)、pp.31-38、2007.9

**** 日本情報考古学会の「堅田賞」受賞論文

杉原健一:“ Ajax を用いた GIS 機能を持つ教育用ソフトウェアの開発 ”,教育システム情報学会(JSiSE)、査読無 第 32 回全国大会講演論文集,2007.9

杉原 健一、木村 寛之((株)イビソク):“ 古代の建物を復元する 3 次元モデルの自動生成 ”,FIT2007,第 6 回情報科学技術フォーラム,一般講演論文集 査読無 第 3 分冊,pp.261-262,2007.9

杉原健一:“ 一般化建物ポリゴン分割に基づく 3 次元建物モデルの自動生成 ”、画像電子学会、情報処理学会、Visual Computing / グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2007 予稿集、査読付き論文、pp.275-280、2007.6

[学会発表](計 12 件)

K.Sugihara, Y.Hayashi: “ Automatic Generation of 3-D Building Models from Orthogonal Building Polygons ”, 13th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE XIII),査読有, Nottingham, UK, June 30 - July 2, 2010

K.Sugihara: “ Automatic Generation of 3D Building Models With Various Shapes of Roofs ”, ACM SIGGRAPH ASIA 2009, Sketches, Visualization,査読有,16-19 DEC,2009.

Kenichi Sugihara: “ Automatic Generation of 3-D Ancient Building Models Based on a Digital Map ”, 第 22 回 CIPA 国際シンポジウム 京都,査読有, 2009 年 10 月 11-15 日

K.Sugihara: “ A GIS and CG Integrated System for the Automatic Generation of 3-D Building Models ”, 3rd ICA (International Cartographic Association) Workshop on Geospatial Analysis and Modeling,査読無, Gävle Sweden, 6-7 Aug 2009

K.Sugihara, Y.Hayashi, Yan Liu: “ Automatic Generation of Various Shapes of 3-D Building Models for Urban Planning ”, CUPUM Proceedings of the 11th International Conference, 査読有, Hong

Kong, 16-18 JUNE 2009

Kenichi Sugihara, Yan Liu: “ Automatic Generation of 3-D Building Models Based on a Digital Map”, NICOGRAPH International 2009 in Kanazawa, Japan 19-20 June

Kenichi Sugihara: “ Automatic Generation of Various Shapes of 3-D Building Models for Urban Planning ”, KSIC (Korea geoSpatial Information & Communication Co.,Ltd.)主催 2009 KSIC International Seminar, April 9th 2009,招待講演

杉原 健一: 電子地図に基づく 3 次元建物モデルの自動生成, NICOGRAPH Spring Festival in TAF, NICOGRAPH 2009 春季大会 査読無 2009.3

K.Sugihara, Y.Hayashi: “ Automatic Generation of 3-D Building Models with Multiple Roofs ”, 12th International conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE-XII), 査読有 Beijing, the People's Republic of China in October 2008

Kenichi.Sugihara: “ A GIS and CG Integrated System for Automatic Generation of 3-D Building Models ”, The Seventh International Conference on ASIA GIS 2008, 査読無, Busna, Korea 26-27 September 2008

K.Sugihara, Y.Hayashi: “ GIS and CG Integrated System for Automatic Generation of 3-D Building Models based on a Digital Map ”, Virtual Geographic Environments Conference, An International Conference on Developments in Visualization and Virtual Environments in Geographic Information Science, 査読有 7-8 January 2008, The Chinese University of Hong Kong

K.Sugihara, Y.Hayashi: “ Automatic Generation of 3-D Building Models with Multiple Roofs from Building Polygons on a Digital Map ”, IEEEJ Image Electronics and Visual Computing Workshop 査読無 2007, Nov 25-27, Cairns, Australia

[図書](計 1 件)

K.Sugihara & Y.Hayashi 他: “ GIS and CG Integrated System for Automatic Generation of 3-D Building Models based on

a Digital Map ”, VGE(Virtual Geographic Environments), Edited by HUI LIN & MICHAEL BATTY, Science Press, pp.117-130, 著書(分担執筆、第9章) 2009

6 . 研究組織

(1)研究代表者

杉原 健一 (Sugihara Kenichi)
岐阜経済大学・経営学部
情報メディア学科・教授
研究者番号 : 80259267

(2)研究分担者

林 良嗣 (Hayashi Yoshitugu)
名古屋大学大学院・環境学研究科
都市環境学専攻・教授
研究者番号 : 00133091

(3)連携研究者

新家 茂 (Niinomi Shigeru)
岐阜経済大学・経済学部・教授
研究者番号 : 40211453