

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：43706
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2020～2023
課題番号：20K03138
研究課題名(和文) 防災教育のための土石流等の数値実験可能な内部構造を持つ3D地形モデルの自動生成

研究課題名(英文) Automatic Generation of 3D Terrain Model with Internal Structure that Enables Numerical Experiments of Debris Flow for Disaster Prevention Education

研究代表者
村瀬 孝宏 (MURASE, Takahiro)

中京学院大学短期大学部・その他部局等・教授

研究者番号：70342053
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：これまでの研究で、電子地図上の建物境界線を四角形の集まりまで分割し、「互いに直交する長方形の集まり」まで整形し、各長方形の上に建物本体を配置して3次元建物モデルを自動生成してきた。

本研究では、当手法を発展させ、仮想空間内で「力学シミュレーションを行える部材」で「部材の物理形状が重ならない構造」で構築された3次元建物モデルを自動生成した。本システムは、仮想空間内で、「大量の移動要素と動的3次元建物モデルのインタラクション」を可能にし、「津波や土石流などの土砂移動現象と建物との相互作用」を再現し、これらの自然災害による3次元建物モデル倒壊のシミュレーションを行えるシステムを開発し提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国では豪雨などの気象災害が頻発している。こうした自然災害を防止・軽減するために堰堤などの構造物によって土砂移動現象を無害化する防災対策が急務である。このために地質学など、土石流や土砂崩れのメカニズムを研究する防災科学やそれを学ぶ防災教育が重要である。このとき仮想空間内で津波や土石流等の力学シミュレーションを行える3次元モデルを自動生成し、活用することが目的である。

開発したシステムは防災まちづくりの整備案の合意形成、あるいは、様々なシナリオに基づく現実に起こりうる災害や災害防止対策の効果を示すアニメーションの作成が可能であり、防災科学における数値実験や防災教育の教材などを提供できる。

研究成果の概要(英文)： Based on building footprints (building polygons) on a digital map, we have proposed a GIS and CG integrated system which automatically generates 3D building models. The proposed integrated system partitions an approximately orthogonal building polygon into a set of quadrilaterals ('quads' for short) and rectifies them, placing rectangular roofs and box-shaped building bodies on these rectified quads (rectangles).

Our contribution is the unique methodology for partitioning and rectifying a building polygon for automatic generation by the quad vertices labelling. In this research, we aim to generate mechanically stable 3D dynamic building models which can interact with massive moving elements based on Newtonian mechanics such as Tsunami. To be mechanically stable 3D building models, 3D models' composing components do not intersect each other. Building components are placed so as not to be overlapped by setting proper local coordinates for quads.

研究分野：教育工学

キーワード：3次元建物モデル 自動生成 防災教育 土石流シミュレーション 建物倒壊シミュレーション 力学シミュレーション ポリゴン分割 地理情報システム

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 地球温暖化が進み、気候の変動が増し、異常気象により巨大化した台風や想定外の集中豪雨が甚大な被害をもたらしている。また、日本列島は地震活動期に入ったとされ、北海道胆振東部地震で丘陵地帯の大規模崩壊をもたらし、さらに首都直下型地震や南海トラフ巨大地震の30年以内の発生確率は非常に高いとされる。これらの大災害において、土砂災害によるものが大きい。こうした災害を防止・軽減するためには、構造物によって土砂移動現象を無害化するような防災対策が急務である。このために地質学など、土石流や土砂崩れのメカニズムを学ぶ防災教育が重要である。このとき「土石流等のシミュレーションを行える3次元地形モデル」は防災教育には有効である。

本研究の「学術的背景」はこうした大自然災害が迫るなか、土砂移動現象のメカニズムを探る地質学や土質力学を学ぶ上で、仮想空間で土石流等のシミュレーションを行える「内部構造を持つ3次元地形モデル」(図1)は防災教育に役立ち、さらに、災害予測も不可能ではないことである。

(2) 「3次元地形モデルの作成」の研究は、国内外のリモートセンシング、CGの分野においてさかんである。「現実にある表面のみで成り立つ3次元地形モデルの構築」はレーザースキャナーによる3次元計測により、3次元点群データを取得して作成、あるいは、基盤地図情報の標高データやGoogle Earthから作成できるが、地下はボーリングによる地質調査でしか計測できない。また、「現実にはまだない整備案の3次元モデル」は、当然、ドローン等による計測では構築できない。通常、整備案の地形モデルは、時間と労力をかけ、トポロジ的にも変化する等高線群を作成して、それらに基づいて地形モデルを生成する。

このように3次元計測により、3次元点群データから「現実にある表面のみで成り立つ3次元地形モデル」の構築はできるが、地層などの内部構造を持ち、力学シミュレーションを行える3次元地形モデルは構築されていない。土石流や土砂崩れなどの土砂災害を考えると、地形内部の土砂や岩盤、入り組んだ地層をモデル化し、実験データとの整合性をとりつつ、力学シミュレーションが行えれば、仮想空間の中で、土砂崩れなどが再現できる。これにより、「発生した土石流や土砂崩れなど土砂災害のメカニズムを解明する」、あるいは、地域の地形、地盤に応じて「将来起こりうる土砂災害の様々なシナリオを可視化」することが可能ではないかと考えるに至った。

(3) これまでの我々の研究で、「キー等高線から表面のみで成り立つ3次元地形モデル」の自動生成を開発してきた。本研究では、開発したシステムを発展させ、内部構造を持つ3次元地形モデルを自動生成し、仮想空間内で、「地層を持つ3次元地形モデル」で土砂移動現象を再現し、防災教育や災害予測に活用することを着想した。本研究において、「学術的問い」とは、コンピュータ幾何学の新しいアルゴリズムを開発し、土砂移動現象をシミュレートすると考えられる「地層の構成要素」を表面地形と地層エンベロップに従って配置して作る「内部構造を持つ3次元地形モデル」を用いて、仮想空間の中で「トップリング」等の土砂移動現象をシミュレーションすることができないかということである。

2. 研究の目的

(1) 近い将来必ず発生する大自然災害への対策が喫緊の最重要課題である中、土砂崩れや土石流のメカニズムを解明する地質学や土質力学を学ぶ防災教育は、人々の防災意識を向上させ、自助、共助、公助の努力を機能させる防災対策につながる。このとき図1で示すような仮想空間にて土石流等をシミュレートできる「内部構造を持つ3次元地形モデル」は防災教育に有効であり、さらに、「地域の発生してしまった土砂災害や津波のメカニズム」を解明できる可能性、あるいは、地域の地形、地盤に応じて「将来起こりうる土砂災害を予測」できる可能性がある。本研究では、地層に相当する内部構造を持つ3次元地形モデルを自動生成し、受け盤斜面の「トップリング」というような土砂移動現象を、仮想空間内で、このレイヤーを持つ3次元地形モデルで再現し、防災教育や災害予測に活用することを研究目的とする。

(2) これまでの国内外の研究で、土砂崩れや土石流等の土砂移動現象の数値シミュレーションを行い、同じ条件の室内実験と比較し、両者における「流速」、「流量」、「各構成要素の割合」、「堆積形状」などの値を比較しながら、「現象の支配方程式」や「流れの構成要素の割合」を検証し、「解析モデルの一般性」を高める研究が行われてきた。但し、数値実験や室内実験は、「単純な形状の樋」に土砂や粒子を流すという条件で行われている。これまでのところ、現実に近い条件を備えている地層などの内部構造を持ち、「土砂移動現象の力学シミュレーション」を行える3次元地形モデルは構築されていない。

本研究は、コンピュータ幾何学の新しいアルゴリズムを開発し、土砂移動現象をシミュレートすると考えられる地層の構成要素を地形表面と地層エンベロップに従って配置して作る「内部構造を持つ3次元地形モデル」を用いて、仮想空間の中で「トップリング」等の土砂移動現象をシミュレートするという学術的独自性と創造性をもつ。

(3) 建物倒壊や津波の「物理シミュレーションを行える建物や地形の3次元モデル」は、防災教育だけでなく設計現場においても、3次元モデルの利活用を妨げているのは「建物の3次元モデルを構成する数多いパーツの作成、回転、配置、マッピング等の手作業の多さ」である。これを大幅に軽減するため、これまでの研究成果である「電子地図上の建物境界線に基づいて建物の3次元モデルを自動生成するシステム」を発展させ、コンピュータ幾何学に基づくアルゴリズムを研究開発することで、「数多い部材から成り立つ解析モデルとなる建物の3次元モデル」を自動生成することを目的とする。

本研究で自動生成する3次元モデルは、「BIMモデル」と同様に、3次元モデルの各部材は自身の詰まったCSG(Constructive Solid Geometry)のモデルである。こうしたソリッドモデルでは、建物倒壊の力学シミュレーションや建物の熱伝導・熱流体解析等の解析モデルに利用できる。しかし、現在のところこのBIMの活用は、「詳細な3次元モデル」を構築できるマンパワーのあるゼネコンなどの大規模建築物に限られている。これは、「3次元モデルの作成」に多大の労力と時間が必要であるからである。そこで、本研究では、これまでの研究成果である「3次元建物モデルの自動生成」で独自に開発した、コンピュータ幾何学の分野となる「ポリゴンの分割・分離手法」や「ストレートスケルトン(直線状骨格)手法によるスケルトン生成、及びポリゴンの単調増加(monotone)ポリゴンへの分割」を発展させて、電子地図上の建物境界線から、枝屋根や間取りの分割を行い、「力学的に安定した建物モデル」を構築する建物の3次元モデルを自動生成することを目指す。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、地層に相当する内部構造を持つ3次元地形モデルを自動生成し、「地層が地表と平行となる流れ盤に沿う土砂崩れ」、「地層が地表と交差する受け盤斜面のトップリング」というような土砂移動現象を、このレイヤーを持つ3次元地形モデルで再現し、防災教育や災害予測に活用することを目標とする。「内部構造を持つ3次元地形モデルの自動生成」のために、コンピュータ幾何学分野で注目されているStraight Skeleton手法(直線状骨格:SS法)やMedial Axis(中間軸)の手法を用いて、①SS法を用いて地形を囲む外周線であるキー等高線から地形表面の元になる等高線群の生成(図1(b)参照) ②不連続面(層理面や断層など)の向きと傾斜を決める図形に基づいて、断層境界面(地層エンベロープ)の生成 ③土砂移動現象をシミュレートする地層の構成要素(動的摩擦係数などを与えた多面体)を配置する位置の算出、などの手順に従って、自動生成を行う。

(2) 図1に示すように、これまで研究でstraight skeleton(直線状骨格)手法による「キー等高線から表面のみで成り立つ3次元地形モデル」の自動生成を行ってきた。本研究では、地表面だけでなく地形内部もモデリングするため、層理面や断層などの不連続面の向きと傾斜を決める図形、具体的には、断層の厚さを与え、「地表面に垂直で走行線(不連続面と水平面との交線)に平行な一定の大きさの長方形で垂直に切った図形(与える一種の断面図)」に基づいて、「断層境界面となる地層エンベロープ」を生成することを考える。そのために、研究期間内に、以下のことを研究開発し、生成アルゴリズムなどを明らかにする方法を採用した。

① これまでの研究成果で、地形を囲む「キー等高線から等速度で縮小するポリゴン群」から3次元地形モデルの自動生成(図1参照)は開発したが、任意の形状の3次元地形モデルを制作するには、トポロジーの異なる「ドーナツポリゴン(内部のポリゴンは等速度で「拡大」)」から作る必要がある。そのため、ドーナツポリゴンからstraight skeletonを生成するアルゴリズムの開発を行う。② 地形内部をモデリングするための地層の不連続面の向きと傾斜を決める図形から断層境界面となる地層エンベロープを生成するアルゴリズムを開発する。③ 土砂移動現象の物

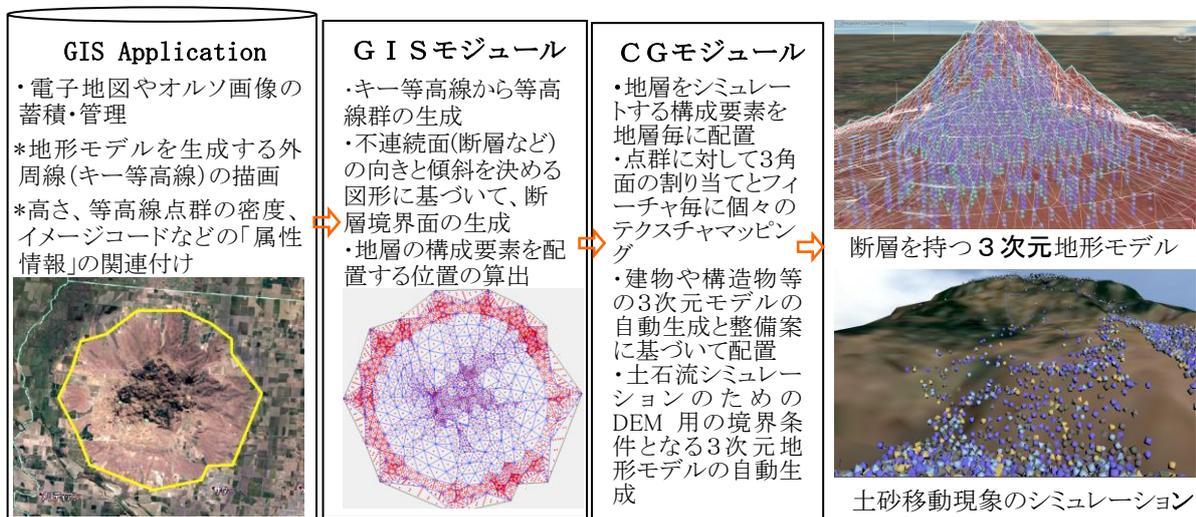


図1 地層を持つ3次元地形モデル自動生成のプロセス

理シミュレーションは基本的に「DEM(離散要素法)」か「粒子法」に基づくが、同じ条件の室内実験データと比較し、室内実験と同じ結果となるような離散要素のパラメータの推定と要素形状の考察、あわせて数値実験の妥当性を検証する。④ 本研究では、樋に土砂を流すような室内実験ではなく、現実世界の地形に近い環境で数値実験を行うので、「発生した土砂災害のメカニズムの解明」、あるいは、「内部構造の形状や要素のパラメータを変え、予測される土砂災害の様々なシナリオのシミュレーション」を実行する。⑤ 3次元地形モデル内に土砂災害対策となる「砂防えん堤」などの構造物を設置し、その効果を検討する。あるいは、「安全地区への集団移転する整備案」を3次元地形モデル内に実現し、予測される土砂移動現象における整備案の是非を検討する。⑥ 現実の地層は不均質で、褶曲などで断層面は必ずしも単純な平面にならない。そこで、湾曲した断層面を実現するために地下空間を「3次元に拡張した Straight Skeleton(直線状骨格)か Medial Axis(中間軸)」とそれらを生成する過程で形成される「等速度か等距離で縮小するポリヘドロン(多面体)」を用いて、湾曲した地層エンベロップを構築し、通常、複雑な形状となってしまう湾曲した地層エンベロップを「monotone ポリヘドロン(単調増加・多面体)」に分割し、それらの中に地盤構成要素を格子状に配置するアルゴリズムを開発する。⑦ Web上に3次元地形モデルを展開し、情報公開を行える3次元CGサーバを開発する。

4. 研究成果

(1) 研究成果として、電子地図に基づいて、大量の移動要素を斜面に配置し、「力学シミュレーションを行える要素群から成り立つレイヤー」を備えた3次元地形モデルを自動生成し、3次元仮想空間内で、土石流や津波などの土砂移動現象を再現した。その上で、3次元建物モデルを「力学シミュレーションを行える部品」で構築し、「土石流による3次元建物モデル倒壊のシミュレーション」を行えるシステムを提案した。

高さを上げるとともに、順に後退していく等高線は、複数のピークを持つ尾根に見られるように自分自身の等高線と交差して、トポロジーが変化する可能性がある。こうした等高線を描くには、後退と共に自らとの交差判定を行って生成されるストレートスケルトン手法が有効である。また、等高線を形成するための頂点が少ないため、なだらかな起伏の地形モデルを生成するにふさわしい自由曲線である「B-スプライン曲線」を、この頂点を制御点として生成した。このB-スプライン曲線上の点群に対して、ドローネ三角形分割を行い、さらに、土石流の物理シミュレーションを行う移動要素を3次元地形モデルのドローネ三角形面上に配置し、自動生成した動的3次元建物モデルとの間の相互作用をシミュレーションできるシステムを開発し提案した。これらは防災科学における数値実験や防災教育の教材、整備案の合意形成などで、現実に近いイメージ、アニメーションの提供を可能とした。

(2) 本研究の土石流の物理シミュレーションは、DEM(離散要素法)に基づく。DEMは、多数の「粒子(要素)」の動きや効果を分析するための数値解析ツールの一つである。DEMはCundallとStrackによって、地盤工学の分野で導入され、土砂の微視レベルでの挙動の研究で使用されてきた[1]。DEMによる数値実験では、粒子がどういった種類の岩石から成り立つかについてのパラメータが必要なく、正確な流れの数値実験が行える[2]。

本研究では、3次元CGソフトである3ds Maxの「MassFXによる物理シミュレーション」を用いて、壁や屋根板、球状の移動要素が持つ「動的摩擦」、「静止摩擦」、「跳ね返り性」等のパラメー

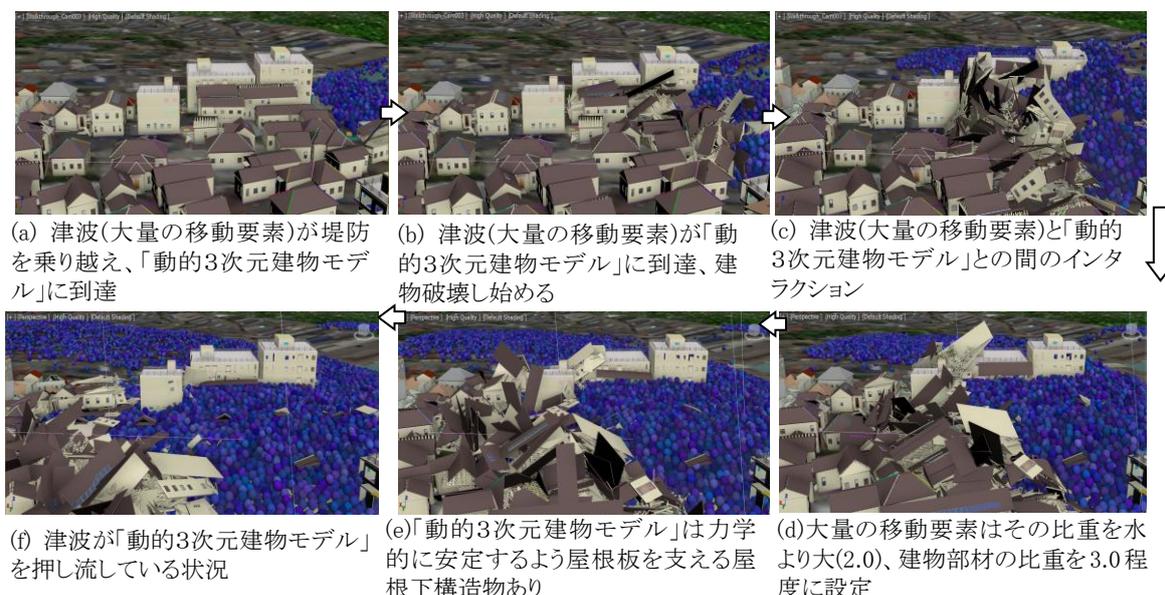


図2 自動生成した地形と建物の3次元モデル(堤防の高さをGISモジュールで与えている)津波に相当する大量の移動要素と建物モデルの間のインタラクションで建物モデルが破壊

々に様々な値を与え、物理シミュレーションを行った。Teufelsbauer らは、DEMを用いた土石流シミュレーションを「室内実験結果」と比較し、シミュレーションの妥当性を証明している[3]。妥当性を示している論文のDEMを用いた雪崩のチャネルフローのシミュレーション結果と、本研究にける MassFX を用いたチャネルフローのシミュレーション結果を比較し、同じような粒子群のトラジェクトリーがみられ、MassFX の土石流シミュレーションには妥当性があることを示した。

(3) 防災に対する環境整備案を「具体的な形にする3次元モデル」では、造成した地形が示されることが多い。この「造成する地形」は、等高線から生成できる。研究成果として、建物が建てられる整備した地形となる「3次元地形モデル」を外周線などのキー等高線から自動生成するシステムを開発した。本研究では、straight skeleton 手法を応用して、この3次元地形モデルの基になる等高線群を1本のキー等高線から自動作図するシステムを提案した。本システムは効率よく整備案となる3次元地形モデルを自動生成することができ、こうしたシステムは3次元仮想空間による防災教育の重要な「情報インフラ」を提供することができる。さらに、本システムは、防災まちづくりを実現するために、住民、地権者、行政が「まちの出来上がりのイメージ」を共有し、合意形成に至るのに役立つと考えられ、学術的な分野から公共事業の情報公開、住民参加の場まで広く利活用が期待される。

(4) DEMをはじめとする力学シミュレーションでは、各オブジェクトが衝突しているかどうかの「衝突検出」を行い、「衝突の深さ」を測定し、この「深さ」に応じて、ニュートンの第2法則を用いて、力と加速度、移動距離を求めて、次の各オブジェクトの位置を求めるというサイクルを繰り返す。「衝突検出」は力学シミュレーションにおいて、もっとも重要なプロセスである。この衝突検出において、オブジェクトは「凸包(Convex hull)」でなければ、衝突検出ができないとされる[4]。本研究において、「動的3次元建物モデル」の建築部材作成で、例えば、ブール演算で壁板に窓用の穴を開けた後は、壁板の形状は「凹型立体」となり、物理シミュレーションするために、「凸包立体の集まり」まで分離・分割する。「動的3次元建物モデル」は、このように構成部材を凸包立体の集まりまで分離し、次に、部材が重なって、フックの法則で反発しないように離し、力学的に安定するように、多数の部材を組み上げ、配置して構築した。

本システムで自動生成する建物の3次元モデルは、上述のように力学シミュレーションが行えるよう、建物を構成する部材が重なり合うことがなく、力学的に安定した構造の建物、いわば、構造用金物のない「組積造(masonry construction)」の建物を仮想空間で構築するものである。そのために平面図と側面図、立面図で見て、部材が重なり合わないよう、また、力学的に安定するように形状の設計、配置を行う必要があった。そのため、建物境界線を分割してできる分割四角形のローカル座標に基づいて、四角形内で指定する「親部品」に対して、当四角形内の各部材を適切な相対位置になるように配置した。さらに分割四角形の中心位置に対する「親部品」の制御点の位置を明らかにする式に基づいて、「親部品」を回転・移動することにより、建物の3次元モデルを正しく配置した。これにより、仮想空間内で「物理シミュレーションを行える部材」で「部材の物理形状(幾何形状とは異なる)が重ならないような構造」で構築された3次元建物モデルを自動生成し、建物倒壊シミュレーションを行えるシステムを提案した。

(5) 開発したシステムの適用事例として、国が示した日本海側統一の津波断層モデルを使い、福井県の新たな想定により最大津波高が大幅に増加した福井県坂井市三国地区のオルソ画像を元に、津波シミュレーションモデルを構築した。GIS上の津波浸水想定地域とされたオルソ画像と、その地区を囲むキー等高線と地区内の一部の建物境界線を元に、3次元地形モデルを生成し、建物境界線から動的3次元建物モデルを生成した。地形モデルとその上の大量の移動要素、そして、「動的3次元建物モデル」の間の相互作用で建物モデルが倒壊する力学シミュレーションを示し、「津波による建物倒壊のシミュレーション」を行えるシステムを提案した。これらは防災科学における数値実験や防災教育の教材、防災まちづくりの整備案の合意形成などで、現実に近いイメージ、アニメーションの提供を可能とした。

<引用文献>

- [1] Cundall PA, Strack ODL (1979), A distinct element model for granular assemblies, *Geotechnique*, 29:47-65.
- [2] Tao Zhao (2011), Investigation of Landslide-Induced Debris Flows by the DEM and CFD, A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy at the University of Oxford, St Cross College, Oxford, Hilary Term.
- [3] H.Teufelsbauer, Y.Wang, S.P.Pudasaini, R.I.Borja and W. Wu(2011), DEM simulation of impact force exerted by granular flow on rigid structures. *Acta Geotechnica*, 6:119-133.
- [4] Gino vanden Bergen (2004), Collision Detection in Interactive 3D Environments, Morgan Kaufmann Series in Interactive 3D Technology.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 村瀬孝宏、杉原健一	4. 巻 48
2. 論文標題 建物内の太陽光シミュレーションが可能な3D建物モデルの自動生成	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 2023年度土木情報学シンポジウム講演集	6. 最初と最後の頁 5-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉原健一、沈振江、村瀬孝宏	4. 巻 48
2. 論文標題 分割四角形に異なる階数を与えるポリゴン分割手法による階段状建物モデルの自動生成	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 2023年度土木情報学シンポジウム講演集	6. 最初と最後の頁 9-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村瀬孝宏、杉原健一、沈振江	4. 巻 32
2. 論文標題 多重建物ポリゴンからの高層建物モデルの自動生成	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 地理情報システム学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 E8-02(CD収録8頁)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉原健一、沈振江、村瀬孝宏	4. 巻 32
2. 論文標題 2次元での窓設置可能な壁を明確化する建物ポリゴン分割による階段状建物モデルの自動生成	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 地理情報システム学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 E8-01(CD収録7頁)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村瀬孝宏、杉原健一、沈振江	4. 巻 46
2. 論文標題 全面掃き出し窓の建物と両片流れ屋根の建物の自動生成とこれらの建物内部での太陽光シミュレーション	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会 第46回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 113-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉原健一、沈振江、村瀬孝宏	4. 巻 46
2. 論文標題 階数の異なる四角形の集まりに分割するポリゴン分割手法による階段状建物モデルの自動生成	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会 第46回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 287-292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉原健一、村瀬 孝宏	4. 巻 Vol.47
2. 論文標題 四角形の方角フリップを行うポリゴン分割整形手法による3次元建物モデルの自動生成	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第47回土木情報学シンポジウム講演集 CG/AR/VR	6. 最初と最後の頁 301-304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村瀬孝宏、杉原健一、沈振江	4. 巻 Vol.31
2. 論文標題 自動生成する3次元建物モデルの内部での太陽光シミュレーション	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 地理情報システム学会講演論文集、環境・データ理論	6. 最初と最後の頁 CD収録4頁
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉原健一、沈振江、村瀬孝宏	4. 巻 Vol.31
2. 論文標題 保存辺に蓄積した隣接情報に基づく3次元建物モデルの自動生成	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 地理情報システム学会講演論文集、3次元モデル	6. 最初と最後の頁 CD収録4頁
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉原健一、村瀬 孝宏	4. 巻 Vol.45
2. 論文標題 四角形の方向フリップを行うポリゴン分割整形手法による3次元建物モデルの自動生成	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会 第45回 情報・システム・利用・技術 シンポジウム 査読付き	6. 最初と最後の頁 13-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村瀬孝宏, 杉原健一, 沈振江	4. 巻 44
2. 論文標題 津波等の力学シミュレーションのための動的3次元建物モデルの自動生自動生成	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会 第44回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 239-244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉原健一, 沈振江, 村瀬孝宏	4. 巻 44
2. 論文標題 L字型ポリゴンの分割・整形によるL字型屋根を持つ3次元建物モデルの自動生成	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会 第44回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 233-238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takahiro Murase, Kenichi Sugihara, Zhenjiang Shen	4. 巻 20
2. 論文標題 Automatic Generation of 3D Terrain Models for Debris Flow Simulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 20th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality	6. 最初と最後の頁 312-322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kenichi Sugihara, Zhenjiang Shen, Takahiro Murase	4. 巻 20
2. 論文標題 Automatic Generation of 3D Building Models for BIM by Polygon Partitioning and Rectification	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 20th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality	6. 最初と最後の頁 209-219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村瀬孝宏, 杉原健一, 沈振江	4. 巻 43
2. 論文標題 土石流シミュレーションのための3次元地形モデルの自動生成	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会 第43回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 514-519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉原健一, 沈振江, 村瀬孝宏	4. 巻 43
2. 論文標題 窓設置可能な壁を明確化する建物ポリゴン分割及び整形による3次元建物モデルの自動生成	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会 第43回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 356-359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 村瀬孝宏、杉原健一
2. 発表標題 持続可能な環境への建物構造最適化のための自動生成による3次元建物内太陽光シミュレーション
3. 学会等名 日本教育情報学会第39回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村瀬孝宏、杉原健一
2. 発表標題 持続可能な環境のための建物内太陽光シミュレーション
3. 学会等名 日本教育工学会第44回春季全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 村瀬孝宏、杉原健一
2. 発表標題 防災教育のための自動生成による土砂移動現象と3次元建物モデル間の相互作用の可視化システムの開発
3. 学会等名 日本教育情報学会 第38回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村瀬孝宏、杉原健一
2. 発表標題 動的3次元建物モデルの自動生成による津波や土石流との力学シミュレーションモデルによる防災教育
3. 学会等名 日本教育工学会第41回秋季全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村瀬孝宏、杉原健一
2. 発表標題 シミュレーションのための力学的に安定なポリゴン分割法による3次元建物モデルの自動生成
3. 学会等名 情報文化学会第30回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村瀬孝宏、杉原健一
2. 発表標題 土砂災害の力学シミュレーション可能な3次元地形モデルによる防災教育
3. 学会等名 日本教育情報学会 第37回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村瀬孝宏、杉原健一
2. 発表標題 地層を持つ3D地形モデルの自動生成による土砂移動現象の可視化
3. 学会等名 教育システム情報学会第46回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉原健一、村瀬孝宏
2. 発表標題 建物の力学シミュレーションのための動的3次元建物モデルの自動生成
3. 学会等名 土木学会第46回土木情報学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村瀬孝宏, 杉原健一
2. 発表標題 津波等の力学シミュレーション可能な動的3次元建物モデルの自動生成による防災教育
3. 学会等名 日本教育工学会第39回秋季全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村瀬孝宏, 杉原健一
2. 発表標題 動的3次元モデルの自動生成による津波や土石流などと建物間の力学シミュレーション環境の構築
3. 学会等名 情報文化学会第29回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村瀬孝宏, 杉原健一, 沈振江
2. 発表標題 土石流等による建物倒壊シミュレーションのための動的3次元建物モデルの自動生成
3. 学会等名 地理情報システム学会第30回学術研究発表大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉原健一, 沈振江, 村瀬孝宏
2. 発表標題 L字型ポリゴンのラベリング、探索を行っての建物ポリゴン分割による3次元建物モデルの自動生成
3. 学会等名 地理情報システム学会第30回学術研究発表大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村瀬孝宏, 杉原健一
2. 発表標題 防災教育のための土砂移動現象と動的3次元建物モデル間のインタラクション可能なシステム開発
3. 学会等名 日本教育工学会第40回春季全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村瀬孝宏, 杉原健一
2. 発表標題 3次元地層モデルの自動生成による自然災害シミュレーションの教材開発
3. 学会等名 日本教育情報学会 第36回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村瀬孝宏, 杉原健一
2. 発表標題 防災のための土砂災害シミュレーションを備えた3次元地形モデルの開発
3. 学会等名 教育システム情報学会第45回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村瀬孝宏, 杉原健一
2. 発表標題 自動生成の3次元地形モデルによる自然災害シミュレーション
3. 学会等名 日本教育工学会第37回秋季全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村瀬孝宏, 杉原健一
2. 発表標題 自動生成する地形モデルを用いた土石流による建物倒壊シミュレーション
3. 学会等名 土木学会第45回土木情報学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉原健一, 村瀬孝宏
2. 発表標題 窓やドアの設置可能な壁を明らかにするポリゴン分割法による3次元建物モデルの自動生成
3. 学会等名 土木学会土第45回土木情報学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村瀬孝宏, 杉原健一:
2. 発表標題 3次元地形モデルを用いた力学シミュレーションによる土砂移動現象の可視化
3. 学会等名 情報文化学会第28回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村瀬孝宏, 杉原健一, 沈振江
2. 発表標題 土石流シミュレーションのための3次元地形モデルと動的3次元建物モデルの自動生成
3. 学会等名 地理情報システム学会第29回学術研究発表大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉原健一, 沈振江, 村瀬孝宏
2. 発表標題 ポリゴン分割時の分割四角形のラベリングによる窓設置可能な壁の明確化を行う3次元建物モデルの自動生成
3. 学会等名 地理情報システム学会第29回学術研究発表大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村瀬孝宏, 杉原健一
2. 発表標題 防災教育を目的とした土砂災害の力学シミュレーション可能な3次元地形・建物モデルの自動生成
3. 学会等名 日本教育工学会第38回春季全国大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	杉原 健一 (SUGIHARA Kenichi) (80259267)	金沢大学・地球社会基盤学系・研究協力員 (13301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------