

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

Development of 3D Terrain Model with Simulation of Debris Flow Disaster for Disaster Prevention

村瀬 孝宏^{*1}, 杉原 健一^{*2}
 Takahiro MURASE^{*1}, Kenichi SUGIHARA^{*2}
^{*1} 中京学院大学 短期大学部
^{*1} Junior College, Chukyo Gakuin University
^{*2} 岐阜協立大学 経営学部情報メディア学科
^{*2} Information Media, Gifu Kyoritsu University
 Email: murase@chukyogakuin-u.ac.jp

あらまし: 基盤地図や Google Earth から現状ある「表面のみで成り立つ3次元地形モデル」の構築は可能であるが、地層などの内部構造を持つ3次元地形モデルは現状ほとんど構築されていない。力学シミュレーションの行える要素で構成される内部構造を持つ3次元地形モデルは、仮想空間内で、「地層が地表と平行となる流れ盤に沿う土砂崩れ」等の土砂移動現象を再現し、防災教育等を支援することができる。本研究では、この「内部構造を持つ地形」の基になる等高線群を外周線などのキー等高線から自動作成し、土石流や土砂崩れなどの土砂移動現象をシミュレートできる内部構造を持つ3次元地形モデルを自動生成するシステムを提案する。

キーワード: 自然災害シミュレーション, 3次元CG, 地理情報, 自動生成, 防災教育, 地形モデル

1. はじめに

山岳地帯の多い国々では、自然災害、特に斜面崩壊、雪崩、土石流などの大規模な粒子流による災害を起こしやすい傾向がある。現地調査では、作業が非常に危険であり、発生時の直接測定は困難または不可能でさえあるため、調査する者は災害発生後に土石流の災害を調査する必要がある。さらに、それらの発生と破壊力の確率的な特性により、土石流に関する詳細なデータを収集することは非常に困難である。これらの問題があるため、数値シミュレーションと物理シミュレーションは、土石流を予測および防災する効果的な方法である。また、3次元地形

モデルは、土石流の動的な動きと破壊力を理解する上で、不可欠な破壊後の動きを制御する重要な役割を果たす。

本研究では、2次元地図の主要な等高線から大量の土石流をシミュレートする内部構造を持つ3次元地形モデルを構築することを可能にした。これにより、内部構造の粒状要素の層を構築し、ニュートン力学に基づいて土石流のシミュレーションを行うことができる。

2. 内部構造を持つ3次元地形モデルの開発

これまでの研究で、「キー等高線から表面のみで成

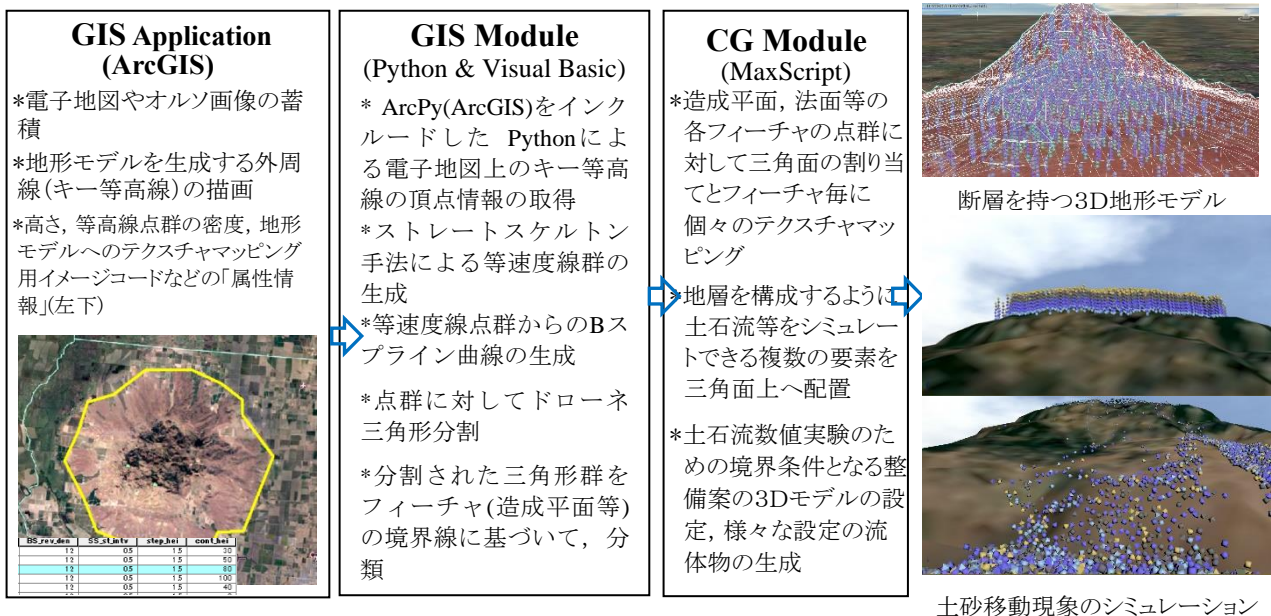


図1 内部構造を持つ3D地形モデルの自動生成システムの構成と自動生成のプロセス

り立つ3次元地形モデル」の自動生成システムは開発した。また、基盤地図や Google Earth, 3次元レーザ計測等で今ある「現状の表面のみで成り立つ3次元地形モデル」の構築は可能であるが、力学シミュレーションが可能な要素から構成される地層などの内部構造(図-1右参照)を持つ3次元地形モデルは現状ほとんど構築されていない。

そのために、次の方法により、自動生成を行った。

(1) ストレートスケルトン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

(2) 不連続面(層理面や断層など)の向きと傾斜に基づいて、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

本システムを活用することにより、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、「流れ盤に沿う土砂崩れ」, 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、仮想空間の中で、このレイヤーを持つ3次元地形モデルで再現し、防災教育等を支援することを研究目標とする。

3. 地層構成要素による力学シミュレーション

土石流の流れは、水の流れと乾燥した土粒子や砂礫の流れとの中間的な力学で支配され、粒子間の衝突と摩擦、粒子と水との相互作用を考慮して土石流のシミュレーションを行う。土石流の解析で多用されるDEM(離散要素法)では、個々の粒子の挙動を追跡し、粒子間接触力が重要となる高濃度の粒子流動の数値解析が可能であるが、本研究で使用する3ds MaxのMassFXによる物理シミュレーションでも、

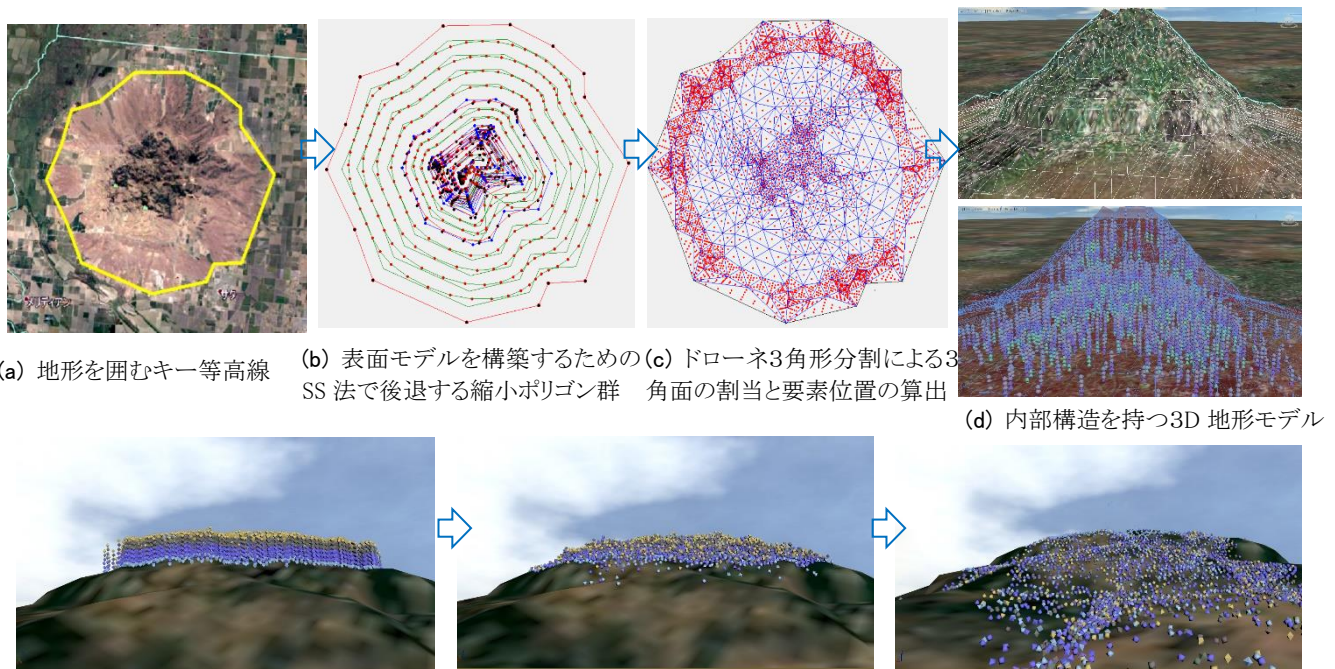
重力影響下での個々の粒の運動を追跡可能である。このシミュレーションでは、粒の形状、「反発」「静止摩擦」「動的摩擦」が設定可能、複雑な地形モデル、砂防堰堤などの構造物、橋、堤防といった社会インフラや家屋も仮想空間に配置し、数値実験が可能となる。

図2は、ストレートスケルトン法(以下SS法)により電子地図上の地形を囲む「キー等高線」(同図(a))から3次元地形モデルを自動生成するプロセスを示す。同図(b)は表面モデルを構築するためのSS法で後退する縮小ポリゴン群、(c)は生成された点群にドロネ三角形分割及び三角形群に三角面の割り当て、(d)は自動生成された内部構造を持つ3次元地形モデル及びテクスチャマッピングし自動生成した3次元地形モデルを表す。また(e)は、3次元地形モデル上に地層構成要素を配置し、構成要素の土砂移動現象の力学シミュレーションを表す。

4. まとめ

これまでの研究で、地形を囲む外周線であるキー等高線から、それに囲まれる「盛り上り」である3次元地形モデルを自動生成するシステムを開発した。本研究では、この3次元地形モデル上及び内部に断層などのレイヤーを持たせることを目指した。そのためにキー等高線から等速度線群を自動作図、その点群をドロネ三角分割し、土砂移動現象をシミュレートできる要素を「ドロネ三角面」上に複数個配置し、レイヤーを持つ3次元地形モデルを自動生成した。

本システムは効率的に内部構造を持つ3次元地形モデルを自動生成することが可能である。今後は「土砂災害のメカニズムの解明」, 「土砂災害を予測」等の防災教育に役立つ予定である。



(a) 地形を囲むキー等高線

(b) 表面モデルを構築するためのSS法で後退する縮小ポリゴン群

(c) ドロネ3角分割による3角面の割り当てと要素位置の算出

(d) 内部構造を持つ3D地形モデル

(e) 3D地形モデル上に地層構成要素を配置し、構成要素の土砂移動現象の力学シミュレーション

図2 内部構造を持つ3次元地形モデルの自動生成プロセスと構成要素の流下のシミュレーション