

3D-CAD を用いた土石流特性に関する基礎的研究

鹿児島工業高等専門学校 技術室
○長山 昭夫

はじめに

本研究は桜島土石流特性について過去の統計資料と 3D-CAD を使用し検討したものである。まず気象庁発表の統計資料を基に桜島の噴火と土石流についての検討を行った。これより桜島の噴火回数、噴火規模が近年活発化していることがわかり、土石流発生回数と降灰量に相関があることがわかった。

また桜島の流域解析として Google earth から標高データを取り込み、3次元 CAD である civil3D2008 を使用し簡単な流域解析を行った。その結果、土石流の流下軌跡と仮定した水粒子の軌跡を表示する water drop pass が集中する箇所は、土石流発生箇所と建設される枯川の位置と比較的一致することがわかった。

キーワード：桜島 土石流 3D-CAD civil3D Google earth

1. 統計データによる桜島における噴火について検討

桜島には北岳・中岳・南岳と3つの岳があり、南岳に位置する昭和火口が噴火活動を現在でも継続している。過去の資料から桜島が歴史に残る大噴火は4つある。その大噴火の度に、桜島周辺には溶岩流の流出があり、死者も多数出している。また地殻変動が最も大きかったのは、大正噴火でありこの噴火により桜島は垂水（桜島の南東部）と陸繋がりになったとされる。現在桜島は噴火活動が活発となっており、今年の4月には噴火レベルが3に引き上げられた。

参考文献¹⁾により、噴火回数と噴火日数の統計図（図1）を作成した。この図から、噴火回数と爆発的噴火回数は、2009年01月から急激に増加し、4月の噴火回数は60回を超える。しかし5月は一転して噴火回数が減少するが、現在でも噴火回数は増加傾向にある。さらに噴火日数も噴火回数と同様の傾向を示している。参考文献¹⁾や図1より現在、桜島は活発化していることがわかる。

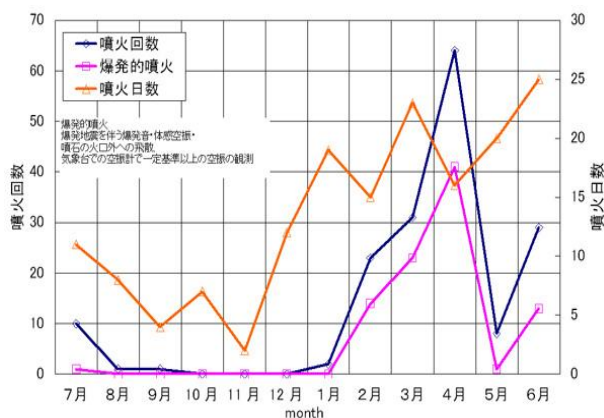
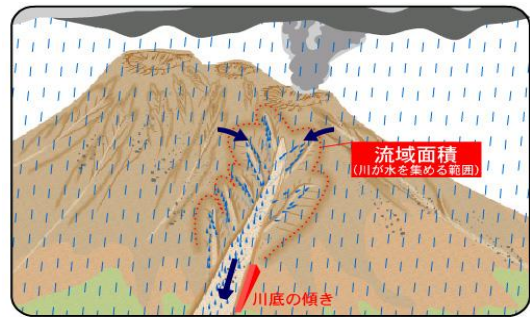


図1 桜島における噴火回数・爆発的噴火回数・噴火日数



桜島の川は地形的に「流域面積（川が水を集める範囲）が小さく、川底の傾きが急」という特徴があります。

図2 大隈河川事務所HPによる土石流の発生の仕組み

2. 統計データによる桜島の土石流の検討

大隈河川事務所 HP²⁾による土石流の発生の仕組み（図2）を示す。桜島における枯川の分布を図3に示す。枯川は全部で19箇所あり、大隈河川事務所の直轄河川は赤字の10箇所となっている。この直轄河川は土石流発生回数・発生量共に大きい枯川であり、桜島南西部の野尻川は最も大きい枯川である。

また、大隈河川事務所 HP²⁾によると噴火回数と土石流発生回数には弱い相関があることがわかった。また、参考文献³⁾の土石流発生回数と降灰量との相関図（図4）を示す。この図により土石流発生回数と降灰量との相関が0.8と非常に高いことが分かる。この理由としては、土石流の原料になる灰が枯川を中心とした周辺に十分に降灰し堆積していなければ、降雨があっても土石流が発生しにくいことが挙げられる。

野尻川の上流に設置された砂防ダムを図5に示す。砂防ダムは流下する土砂を一時的に堆積させ流下する土砂量を抑制するものであり野尻川上流には数基設置されている。



図3 桜島における枯川の分布

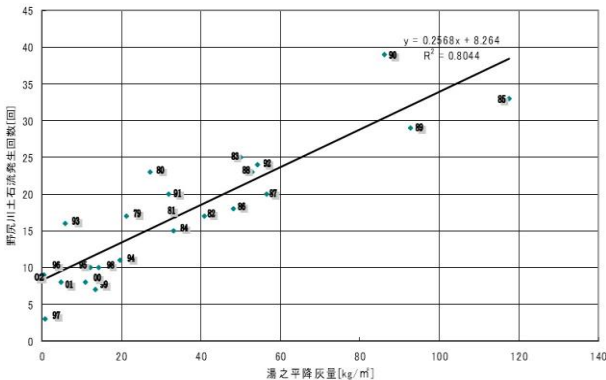


図4 土石流発生回数と降水量との相関図



図5 野尻川上流に設置された砂防ダム

3. 3D-CADによる流域解析

今回使用した3D-CADはautodesk civil3D2008を使用した。このソフトは土木設計が可能なCADソフトである。3D-CADによる設計の利点を参考文献⁴⁾を元にした図6に示す。図6は河川的设计を元に3次元データの運用図を示している。3次元データを運用することにより、まず対象地形の測量データが揃った時点で、現況地形・周辺構造物・分水路のサーフェスデータが設計できる。それを元に設計河川を施工した場合の土量計算や施工法面の検討など、「経済性」についての検討が複数案で可能となる。次にその土量レポート・完成形状を元に法面形状の検討や、縦断方向の線形の検討など「景観性」

について複数案検討が可能となる。最後にその検討結果、平面線形、縦断・横断面を元に、通過流量や、構造計算などの「機能性」の検討が可能となる。この「景観性」「経済性」「機能性」の検討は相互に関係しあっており、3次元データを使用することにより、「短期間」で複数案を検討可能となる。またこの各検討内容は相互に作用し合っており、3次元データを用いることで簡単に修正が可能である。

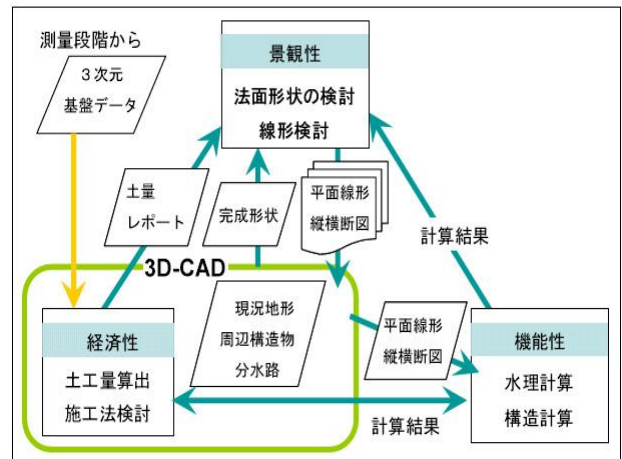


図6 3次元データの運用図

さらに、3次元データ運用に伴う利点を表1に挙げる。近年日本においても公共事業に対する住民説明会の重要性が叫ばれ続けている。この住民説明会においても3次元データを運用することにより一般住民に対するパブリックコメントの質の向上に繋がる。

表1 3次元データ運用に伴う利点

掘削後の法面形状の検討	複数案の眺望を比較することが可能
施工範囲の検討	複数案を繰り返し検討・比較可能 基本形状決定段階で用地条件内に収まるかの検討
土工量算出	切土・盛土の算出が可能 複数案のコストの比較が可能
水理計算用縦断面図の描画	任意縦断面図による水理計算
模型作成	詳細まで正確な地形表現が可能
パブリックコメントの質の向上	一般住民に対するプレゼン効果の向上

図7にGoogle earthの航空写真を示す。Civil3d2008では、このGoogle earthから任意箇所の地形データであるサーフェスとイメージ画像を取り込めることが可能である。実際に取り込んだ桜島地形データを図8に示す。この図は主曲線100m間隔、計曲線20m間隔で表示した

ものであり、桜島の等高線をグラフィカルに表示している。またこの地形データには構造物、道路や河川などの情報は含まれていない。



図7 Google earth の航空写真

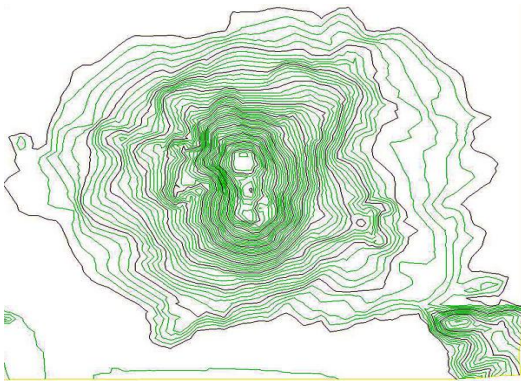


図8 取り込んだ桜島の地形データ

図9に、桜島の任意位置での縦断面を表示する。この図は取り込んだ桜島地形データを5等分に分割した結果を示す。桜島は最も緩勾配の箇所でも20分の1程度、最も急勾配の箇所（特に山頂部付近）では、6分の1程度になる。また桜島地形データを10等分に分割しても同傾向の結果を得た。さらに、桜島における枯川は流域面積が小さく、いったん土石流が上流で発生すると、土石流の流下速度は加速され、上流から下流まで一気に流れることが推測できる。桜島の流域面積が小さく、急勾配という特徴が、土石流被害を大きくしている原因のひとつであると考えられる。

4. water drop pass による桜島の流域解析

図10に流域解析で使用する water drop pass を示す。本研究では、土石流の流下軌跡を、水粒子の軌跡を表示する water drop pass と仮定し流域解析を行った。

この water drop pass とは、サーフェス上を流れる水路を追跡する機能であり、流れ落ちる水を示すポリラインが描画される。また water drop maker とは water drop pass を設置する始点である。

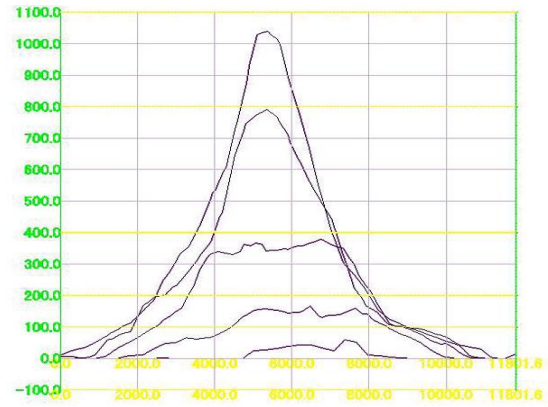


図9 桜島の任意位置における縦断面図

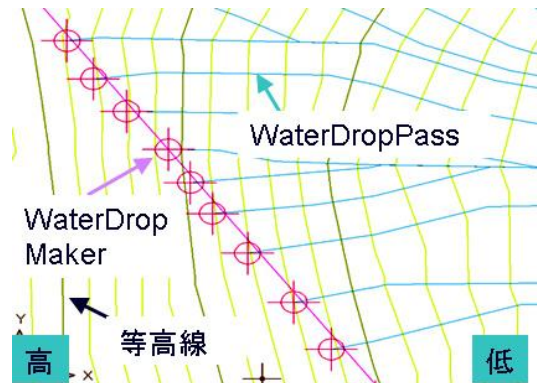


図10 water drop pass と water drop maker

表2 water drop pass の設置条件

	Case01	Case02
格子条件	直角格子	放射状格子
格子間隔	500m	18度

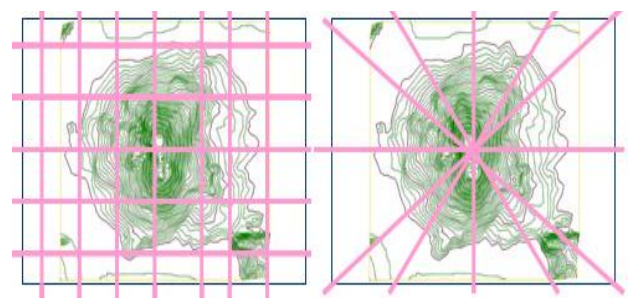


図11 左：直角格子外観 右：放射状格子外観

water drop pass は通常、等高線上に任意に設置されるが、設置間隔や設置方法の指針が示されていなかったため、water drop pass の設置方法の検討を行った。

条件を表2に示し、格子の外観を図11に示す。Case01では直角格子を500m間隔で設置し、格子と等高線との交点に water drop maker を設置した。Case02では、放射状格子とし角度18度ずつ回転させ10本の放射上格子を

設置した。Case01 での water drop の結果を図 12,Case02 での結果を図 13 に示す。両 case とも water drop pass の集中箇所が同様であることが分かる。また water drop pass の集中箇所は現在の枯川の位置（土石流発生位置）とよく対応していることもわかった。

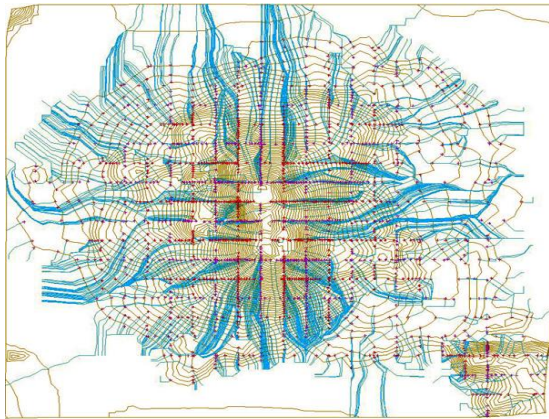


図 12 Case01 での water drop pass

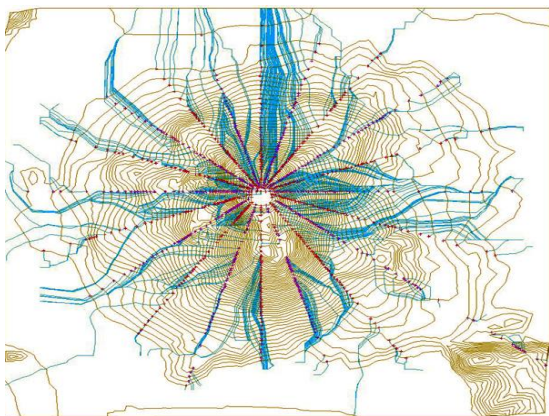


図 13 Case02 での water drop pass

また,water drop maker の設置箇所の違いにより water drop pass の集中箇所（濃度）に差が顕著にでる箇所があることもわかった。今回の条件では,特に南側（図では下側）にその差が顕著に現れた。この原因としては,直角格子の場合,対象地域に対して water drop maker の設置数（設置割合）がどの箇所でも一定だが,放射格子の場合,対象地形に対して water drop maker の設置数は,中心からの距離に比例し減少するので,water drop pass を精度良く表現できなかつたことが考えられる。

次に,直角格子間隔の違いによる water drop pass の軌跡の違いを検討した。条件を表 3 に示す。Case01 では,格子間隔を 500m（表 2 の Case01 と同条件）とし,Case03 では,格子間隔を 1000m とした。格子間隔 500m の場合の water drop pass の軌跡の結果を図 12 に示し,格子間隔 1000m の場合の結果を図 14 に示す。今回の格子間隔の場合,顕著な差は出ず両格子間隔とも同様な傾向が出た。

表 3 water drop pass の設置条件

	Case01	Case03
格子条件	直角格子	直角格子
格子間隔	500m	1000m

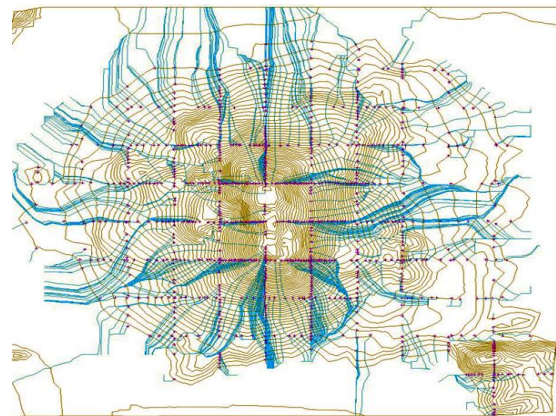


図 14 Case03 での water drop pass

今回,桜島の地形データは一辺が約 10km としている。この取り込み長さに対して格子間隔が,10 分の 1~20 分の 1 程度なら,良好に water drop pass を表現できることがわかった。

5. まとめ

過去の統計資料を基に検討した結果,桜島は近年活発化していることがわかり,土石流発生回数と降灰量に相関があることがわかった。また,土石流の流下軌跡と仮定した water drop pass が集中する箇所は,土石流発生箇所に建設される枯川の位置と比較的一致することがわかった。

謝辞

本研究は,平成 21 年度奨励研究の一部として遂行したのでここに記す。

参考文献

- 1) 気象庁発表資料,桜島の火山活動解説資料(平成 21 年 6 月)
- 2) 国土交通省 九州地方整備局 大隅河川国道事務所,<http://www.qsr.mlit.go.jp/osumi/index.htm>,200908 現在
- 3) 福嶋麻沙代,石原和弘,桜島火山の土石流発生と降雨および火山活動との関係,京都大学防災研究所年報. B, 49(B): 355-361
- 4) 朝重亜紀子,3D-CAD を用いた分水路設計検討に関する実証的研究,平成 19 年度卒業論文,熊本大学工学部 環境システム工学科(土木環境系)