

ボクセルモデルを用いた
地すべりの変位抽出
Voxel model from
3 dimensional point cloud
for displacement extraqction of landslide

高知工科大学大学院
工学研究科基盤工学専攻
社会システム工学コース
高木研究室 1185102

杉山 健太
指導教員 高木方隆
副指導教員 田島昌樹

2016 年 3 月 20 日

論文要旨

地すべりは、地形、地質、降雨や地下水等の自然要因が原因で発生する土砂災害の1つであり、広範囲にわたり土塊が移動する現象である。地すべり地においては、地表に亀裂や段差、陥没や崩壊などの変状が発生する。これらは、その場所を利用している人間の生活や各種構造物に対して、重大な脅威と損害をもたらす危険性がある。地すべりを未然に防ぐためには、地すべりの動き方を理解することが重要となる。現在、地すべりの変位観測では、GPS(Global Positioning System) 観測や、拡張ゲージ、傾斜計などを用いられている。しかし、これらの計測は、点や線の計測であるため局所的な計測しか行われておらず、地盤が面的にどの部分が動いているのか把握することが困難である。LiDAR(Light and Detection and Ranging) は地盤の高密度・広範囲三次元点群データを取得することができるため、地すべりの面的な変位観測への利用が期待できる。現在様々な研究機関で、LiDAR を用いた地すべり観測の研究が行われている。地上型 LiDAR を用いた研究では、多時期の点群データの差分解析により斜面の移動量を抽出している。^[9] 航空機 LiDAR を用いた研究では、地表モデルを作成し、画像相関的手法を用いて二時期の地表モデル間での位置の同定を行い、危険箇所の特定制が行われている。^[8] しかし差分解析は、変位量を抽出できるが、どの方向に動いているかが分からないという問題がある。また、画像相関は、動いている箇所の判定はできるが、変位量を抽出することができない。

本研究では高知県吾川郡仁淀川町長者地区の地すべり防止区域において、地すべりの動きを把握してそのメカニズムを解明するため、地上型 LiDAR による地すべり観測を 2003 年から行っている。そして、地上型 LiDAR の計測精度を保ちつつ、地すべりの面的な変位抽出を行うことができる手法の開発に取り組んできた。2011 年秋山^[7] は、測距精度 $\pm 6\text{mm}$ の地上型 LiDAR を用いて計測を行い、護岸ブロックの 3 つの平面の交点の動きから地すべりの変位を観測する地すべり監視手法を開発した。この手法では、41 個の護岸ブロックが全体的に地すべり方向に約 3cm 動いていることが明らかになり、複数の平面を持つ物体を用いての地すべりの変位を抽出することが可能となった。しかし、地すべりが発生している現場には、護岸ブロックのような定形で複数の平面を持つ物体あるとは限らないため、このような物体を用いずに地すべりの変位抽出を行う手法の開発が必要となる。そこで、本研究は、定形で複数の平面を持つ物体が存在しない地すべり地に適応可能な地上型 LiDAR を用いた地すべりの面的な三次元変位抽出手法を開発することを目的とした。具体的には地表面の多時期の点群データを取得した後、座標系の統一を行う。その後、点群データをボクセル (Voxel) 状に区切り、ボクセル内に含まれる点群の座標の平均値を計算することで、地表面のボクセルモデルを作成する。最後に、二時期のボクセルに対応するボクセル内の平均値の距離を求めることで三次元変位の抽出を行った。

高知県吾川郡仁淀川町長者地区と高瀬地区の 2 ヶ所の地すべり地区を対象として、10cm のボクセルサイズで地表面のボクセルモデルを作成し、それぞれの地区で変位抽出を行った。その結果、長者地区では、地すべりの方向に変位が抽出できていることが分かり、高瀬地区でも変位を確認することができた。

長者地区では、2011 年秋山^[7] が護岸ブロックの交点を用いて変位を抽出しており、その結果護岸ブロックが地すべり方向に約 3cm 動いているという結果を得ている。それに対して本研究のボクセルモデルを用いた変位抽出では、地すべり方向に約 2.5cm 動いている結果となり、護岸ブロックの交点を用いた変位抽出結果と近い値となった。また秋山の手法では護岸ブロックの交点を計算する処理自動化ができていないため解析に時間がかかっていたが、本研究では、LiDAR の点群データをボクセル化することでデータ量を削減し、さらにボクセル化から変位抽出までの処理を自動化することにより解析にかかる時間が短縮することができた。今後は適切なボクセルモデルの検討及び植物など変位抽出する際に、不要なデータを削除することが重要である。

Abstract

A landslide is phenomenon of ground movements in very wide area, and the cause of it is geological conditions, such as terrain, soils, rainfall and groundwater. The ground deformations, such as cracking, steps, depression, sometimes occur in landslide area. A landslide damages the infrastructures and endangers human lives. In order to prevent landslides, monitoring the behavior of the landslide is important. Generally, landslide monitoring uses the devices, such as GPS(Global Positioning System), extension gauge, inclinometer. But, the methods using these devices can measure ground movements at only few points and lines. The detail behavior observation of whole landslide is difficult. LiDAR can acquire high density and wide range three-dimensional coordinate data of land surface. The landslide monitoring using LiDAR is carried out by various research organizations. The monitoring using ground based LiDAR detect the ground movement by differential analysis of two seasonal LiDAR data. The differential analysis can extract displacement of ground, but the moving direction cannot be extracted. The monitoring using aerial LiDAR can identify the displacement area by the image correlation technique of surface models, which created from two seasonal data acquired by aerial LiDAR. However, the image correlation technique cannot extract displacement of ground.

In our laboratory, ground based LiDAR measurements have been carried out at a landslide prevention area of Chojya district in Kochi Prefecture since 2003, in order to understand the movement of the landslide. In addition, techniques of displacement extraction have been developed in keeping the accuracy of LiDAR data. Akiyama developed the method for landslide monitoring using ground based LiDAR, which focus on the movement of intersections of three planes of revetment blocks. This method indicated an average displacement of approximately 3 cm/yr toward the landslide direction. However, this technique can only apply to the surface of artificial objects. Therefore, the methods, which can apply to the surface of natural objects such as natural slope or natural cliff, are needed to be developed. The purpose of this study is to develop the method for detecting three-dimensional displacement of a landslide using ground based LiDAR, which can apply to the surface of natural objects. This method is based on voxel model. Firstly, after the acquisition of two seasonal LiDAR data, coordinate transformation was done to overlay two data precisely. Secondly, the voxel model of ground is created by separating point cloud data into each voxel and calculating the means of coordinate values in each voxel. Finally, three-dimensional displacement of a landslide is extract by calculating the distance between the corresponding voxels of two seasonal voxel models from the average value of the coordinate.

In this study the displacement extracted with voxel size of 10cm to target Choja and Takase. As a result, displacement was found extract in the landslide direction. Method for landslide monitoring using intersection of three planes of revetment blocks developed by akiyama. [7]The method has performed in revetment blocks, became overall movement of about 3cm in the landslide direction. In contrast, displacement extraction with voxel of this study, became result that moves about 2.5cm in landslides direction, and close value. In terms of method, Akiyama was not able to partially automate of intersection of the calculations. But in the displacement extraction with voxel, can be automated by voxelized to displace extraction and analysis time can be shortened. Further studies are needed in order to consideration of appropriate voxel size and remove unnecessary data.