

棚田における LiDAR を用いた
地すべり監視手法
Methodology of Landslide Monitoring
using LiDAR in terraced field

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 1165073
秋山 心平
指導教員 高木方隆
副指導教員 五艘隆志

2014 年 3 月 20 日

論文要旨

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。LiDAR は高密度・広範囲三次元座標データを取得することができ、地すべりの面的な変位観測に期待ができる。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。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、危険箇所の特定が行われている。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問題がある。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。

本研究は、地上型 LiDAR を用いて地すべりの三次元変位を捉えることを目標としている。具体的には画像マッチング手法の一つである最小二乗マッチング手法を適応し、変位抽出を行う。最小二乗マッチングは、三次元の変位量を捉えることができる。

最小二乗マッチングは、二時期の画像を用いて、画像の幾何変換と輝度値の濃度変換により、最もマッチする位置を計算する。そこで点群データから作成した画像を用いて、簡易的な変位抽出を試みる。今回、点群データから X・Z 軸平面において Y 座標値を輝度値とする画像を作成する。その画像を用いて幾何変換により X・Z 軸方向の変位、濃度変換により Y 軸方向の変位を計算する。最小二乗マッチングでは、画像における対象物を複数の小領域に分割し、その小領域ごとに対応点が探索される。この小領域をテンプレートと呼ぶ。マッチング精度は、テンプレートの大きさが重要であり、テンプレートが大きすぎると計算に時間がかかり、小さすぎるとマッチングできる点が少なくなる。今回適切な大きさを検討した結果、テンプレートのピクセル数は 11 × 11 ピクセルが妥当であった。

本研究では、変位抽出に必要な点群密度を LiDAR の取得できる角度分解能の大きさから、LiDAR 位置と対象物までの距離を算出する方法を構築した。ある対象物を 3 × 3 の計 9 個のテンプレートに分割すると、1 つのテンプレートは 11 × 11 のピクセルで構成されるため、1 つのピクセルの大きさは対象物の 1/30 以下でなければならない。この時、各ピクセル中に 3 点以上のデータ数が必要である。本研究では大きさが約 30cm の石垣を対象とした。対象物が 30cm の時、ピクセルサイズは 1cm となるため、1cm² 中に 3 点以上の点群密度があるデータが必要となる。

最小二乗マッチングが地すべり監視に有効であるか実験を行った。二時期の X・Z 座標値の差が 0 となり、Y 座標値の差が 2cm となる変位を意図的に加えた点群データを用いて、最小二乗マッチングを行った。最小二乗マッチングを適応した場合、X・Z 軸方向の変位量は 0、Y 座標方向の変位量は 2cm になるはずである。実験の結果、X 軸方向では約-0.8cm、Y 軸方向では約 2.5cm、Z 軸方向では約-0.6cm の変位となり、X・Y・Z 軸方向にそれぞれ残差があるが、地すべり監視の方法として、最小二乗マッチングの有効性を確認できた。

実際の地すべりの変位抽出を行った結果、X 軸方向で約-2cm、Y 軸方向で約 5cm、Z 軸方向で約-2cm となり、石垣の三次元の動きを捉えることができた。

Abstract

In order to prevent landslide, understanding the behavior of the landslide is important. LiDAR can acquire high density and wide range three-dimensional coordinate data. Then, it is possible to extraction landslide displacement.

A landslide observation using LiDAR is tried in various institutions. In the case of research using ground based LiDAR, the movement was extracted by the finite difference analysis using any seasons. However, displacement magnitude can be extracted in finite difference analysis, but the moving direction is unknown. In the case of research using aerial LiDAR, surface model is created from acquired data, and the displacement between surface model of two seasons is identified using the image correlation technique. Displacement magnitude cannot be extracted by the image correlational method. This research aims is understanding three-dimensional displacement of a landslide using ground based LiDAR. Specifically, displacement extraction is applied the least square matching technique which is one of the image processing techniques.

In the least square matching, matched point is calculated by geometric conversion and brightness conversion of the imagery. This time, displacement extraction is tried using the imagery created from point cloud data. The imagery was created brightness according to y coordinate value in X-Z axis plane from point cloud data. Using the imagery, displacement of X-Z plane orientations is calculated by geometric conversion, and displacement of Y axis orientations is calculated by brightness conversion. The object must be divided into several small zones, and least square matching is searched for congruent points in the small zone. This small zone is called a template in image processing. The size of a template is important for matching accuracy. When a template is too large, calculation takes much time. When a template is too small, the number of matched point will decrease. As a result of examining a suitable size, 11×11 pixels were decided for template size.

In this research, the method of measurement distance demanded from the size of the angular resolution from specification of LiDAR. When a measurement object is divided into nine templates of 3×3 , one template consists of 11×11 pixels. Therefore, the size of one pixel is set as the abbreviation $1/30$ of the object. In this time, three or more points LiDAR data are required in each pixel. In this study, an object of measurement is a stone wall whose size is about 30 cm. Pixel size is set to 1 cm. Therefore, LiDAR measurement was carried out satisfying the previous demands.

The experiment for evaluating least square matching in landslide monitoring was conducted. Displacement was intentionally given to the LiDAR data. The displacement of the X-Z coordinate value was set to 0, and the difference of a Y coordinate value was set to 2 cm. Adapted least square matching should be performed that the displacement magnitude of X-Z axis directions should be 0, and the displacement magnitude of Y axis direction should be 2 cm. As a result of the experiment, verification point moved about 1cm in the X axis, about 2.5 cm in the Y axis, about -0.6cm in the Z axis.

The least square matching has performed in Choja landslide area. As a result of performing displacement extraction of an actual landslide, verification point moved about -2cm in the X axis, about 5cm in the Y axis, about -0.8cm in the Z axis. The movement of Choja landslide wall was able to be accepted comparing with other landslide monitoring results.