

多時期の航空レーザ計測地形データを用いた数値地形画像マッチングによる地表変動量計測 Estimation of ground displacements by Geomorphic Image Analysis, using multi-temporal LiDAR DEM

向山 栄^{1*}; 本間 信一¹
MUKOYAMA, Sakae^{1*}; HOMMA, Shin'ichi¹

¹ 国際航業株式会社
¹ Kokusai Kogyo Co., Ltd.

演者らは先行研究において、2時期の高解像度 DEM を用いて小規模な地表面の移動量を面的に3次元的にかつ簡易に定量計測する手法を開発し、地すべりや活断層による地表変位の計測に適用できることを示した(向山ほか, 2009, Mukoyama, 2011)。本研究では、その後4年間に、地震による地殻変動や液状化に伴う地表流動に適用した事例、さらに GPS 現地観測との比較結果を示し、実用的な手法として適用が可能であることを示す。

レーザ計測のような高密度点群地形計測を時系列的に行い、面的な領域の変位量を求める手法には、2通りのアプローチがある。一つのアプローチは、小領域内の点群の座標値を用いた3次元マッチングを行う方法であり、ICP と呼ばれる。もう一つのアプローチは点群から作成したラスター型の地表面モデルを画像として扱い、画像マッチングを行う方法である。これらの手法の共通点は、変位に伴う検索ウィンドウ内の地形量の差異を最小にするような位置を検索領域内で探索するというアルゴリズムを用いることである。

演者らの開発した手法は、点群データから作成した地形量画像を用いて画像マッチングを行い、2次元の変位量を求めた後、移動領域に対応する点群の鉛直変位量を算出して3次元変位量を求める手法である。演者らの手法は、画像マッチング手法として既存の PIV 手法を用いる。そして地形画像として傾斜量図を用いる。PIV は本来は流体の計測手法として開発されたものであるが、グレースケール化した傾斜量画像は、粒子がランダムに分布する画像と同様に、解析手法によく適合する。

本研究では、同じ手法を平成23年東北地方太平洋沖地震(M9.0)で液状化が発生した地域に適用し、地表面変位の抽出を試みた。その結果、水平移動が10cm~50cm程度の一定の移動方向を持つ小領域がいくつか認められた。また場所によっては移動方向を連続的に変化させながら流動したと推定される領域も認められた。さらに海岸では、護岸の一部が海面にむけてはらみ出す傾向が認められる箇所があった。それぞれの移動領域の動きは、地下浅所における地盤の流動化を示唆していると考えられ、軟弱層の厚さや埋没谷などの地質構造を反映していると考えられる。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴い、日本列島の東部は東側に大きく移動した。変位は牡鹿半島付近では約5.3m、東京付近でも約0.2mが観測されている。本研究では、東北日本のいくつかの地点において、地震発生前後の2時期の詳細地形計測モデルから算出した地形画像変位量と電子基準点などの既存の基準点の地震前後の計測結果を比較した。さらに2008年岩手宮城内陸地震による変位の事例も参照して、様々な変位量の帯域における3D-GIV解析結果を比較検証した。調査対象とした10地点の水平変位量は、約0.2m~約7mの範囲である。その結果、変位量の全帯域にわたる両者の一致度には高い相関が得られた。いずれの地点においても、3D-GIV解析で計測した変位量と電子基準点等によって計測された変位量とは良く一致した。その較差はどの地点においても約10cm程度以内であった。さらに、地すべり地において、複数時期のレーザ計測による地形画像変位量と継続的なGPS観測結果とを比較検討した結果、観測期間の違いを考慮すれば、両者の計測値はよく一致した。

高密度点群計測地形データを用いた地形画像マッチングによる変位計測手法は、1/10画素程度以上の変位量を抽出することができ、地すべりや地震時の地盤変位計測手法として実用的であると考えられる。

参考文献

向山 栄, 西村智博, 浅田典親 (2009) JpGU Meeting 2009 予稿集, Y167-004
Mukoyama, S. (2011) Journal of Mountain Science, Vol. 8, No. 2, pp. 239-245

キーワード: DEM, 航空機レーザ計測, DEM 差分解析, 画像マッチング解析
Keywords: DEM, LiDAR, DEMs of Difference, image matching analysis

SAR 干渉画像の 2.5 次元解析を用いた岩手・宮城内陸地震による地すべり性地表変動の検出
Landslide surface deformation detection by Iwate-Miyagi Nairiku earthquake using 2.5D analysis on SAR interferometry

佐藤 浩^{1*}; 宮原 伐折羅²
SATO, Hiroshi, P.^{1*}; MIYAHARA, Basara²

¹ 日本地図センター, ² 国土地理院
¹Japan Map Center, ²Geospatial Information Authority of Japan

筆者らは 2008 年岩手・宮城内陸地震による地すべり性地表変動を SAR 干渉画像を用いて把握して、既に発表した。本発表では、地すべり性地表変動を定量的に検出するために、栗駒山南東部を対象に、SAR 干渉画像の 2.5 次元解析（すなわち、北行軌道と南行軌道の観測結果を組み合わせた東西方向と上下方向の変動の検出）の結果を報告する。

キーワード: SAR, 干渉, 地震, 地すべり, 2.5 次元解析
Keywords: SAR, interferometry, earthquake, landslide, 2.5D analysis

Evaluation of topographic measurements using UAV- and ground-based SfM and TLS: A case study at a rocky coast bench
Evaluation of topographic measurements using UAV- and ground-based SfM and TLS: A case study at a rocky coast bench

早川 裕弉^{1*}; 小花和 宏之²; 齋藤 仁³
HAYAKAWA, Yuichi S.^{1*}; OBANAWA, Hiroyuki²; SAITO, Hitoshi³

¹Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, ²Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, ³College of Economics, Kanto Gakuin University
¹Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, ²Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, ³College of Economics, Kanto Gakuin University

Recent advances in measurement methodologies of high-resolution topographic data, including terrestrial laser scanning (TLS), structure from motion photogrammetry (SfM) on unmanned aerial vehicle (UAV) and ground-based SfM, enabled detailed investigations of land surface morphology in terms of morphometry and processes. Although such advanced methodologies are becoming widely applied in geomorphological studies, the nature of such data including error estimates needs to be carefully assessed when being applied in geomorphological researches. In this study we examine similarities and differences among three methods for the topographic data acquisition at a local scale (~100 m): UAV-SfM, ground-based SfM and TLS. The study site is a coastal bench at Aburatsubo in Miura Peninsula, central Japan, which suffers from intermittent uplift by large earthquakes such as the 1923 Kanto earthquake (M 7.9). UAV-based SfM was performed from higher altitude (ca. 30 m) to lower (ca. 10 m) using a quadcopter on which a digital camera with single-focus lens is mounted. We also used a digital camera mounted on a 4-m long pole for ground-based SfM. TLS measurement was carried out using a short-range scanner from 6 scan positions. Also, coordinates of three benchmarks on ground that are commonly used in all the methods were measured using global navigation satellite system (GNSS) capable of receiving dual radiowaves and post-processing based on carrier-phase correction with an accuracy of centimeters. The comparisons of the point clouds and digital elevation models (DEMs) obtained by three different methods indicate that 1) SfM-based data shows good accuracies in and around, but significant discrepancies outside of the benchmarks, 2) TLS sometimes give significant lack of data in shadow areas, and 3) data quality of SfM partly depends on the altitude of its platform (either UAV and pole). These characteristics we assessed will give insights into the selection of appropriate methodology for different purposes of geomorphological surveys.

Keywords: rocky coast, structure from motion, terrestrial laser scanning, point cloud, digital elevation model, accuracy

Comparative analysis of knickpoint extraction using semi-automatic and automatic methods

Comparative analysis of knickpoint extraction using semi-automatic and automatic methods

ZAHRA, Tuba^{1*} ; PAUDEL, Uttam¹ ; HAYAKAWA, Yuichi S.² ; OGUCHI, Takashi²
ZAHRA, Tuba^{1*} ; PAUDEL, Uttam¹ ; HAYAKAWA, Yuichi S.² ; OGUCHI, Takashi²

¹Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, ²Center for Spatial Information Science

¹Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, ²Center for Spatial Information Science

Extraction of knickpoints (or knickzones) from a DEM has gained immense significance in studies of fluvial erosion and/or slope failures because of their geomorphological significance. Previously, knickpoint extraction from a DEM included a vector-based semi-automatic, but somewhat tedious and time-consuming data processing because GIS and spreadsheet software were separately used. Raster-based Python scripting, developed in our study and deployed in the form of a toolset, can automate the processes making the extraction of knickpoints automatically, fast and user friendly. Both the methods are based on the assumption that the slope gradient along a bedrock river changes with change in measurement length and any locally steep segment of the riverbed may then be considered a knickpoint. The relative steepness index R_d or the rate of decrease of gradient along the measurement length is calculated by solving a linear regression equation, $G_d = ad + b$ where, G_d (m m^{-1}) is the stream gradient at a point and d (m) is the measure distance, while a and b are coefficients and $-a$ is regarded as R_d which means the rate of gradient decrease with increasing d . In the former method G_d is measured at the mid-point of a segment of variable length d along longitudinal stream profiles where; $G_d = (e_1 - e_2) / d$ where, e_1 and e_2 are elevations at both ends of the segment, thereby analyzing both the upstream and the downstream segments along a stream. The automated Python processing, however, follows a slightly different approach from the one previously used and thus requires a comparative analysis of the two prior to its future use. The methods differ in the calculation of the stream gradient G_d ; the former employs both the upstream and downstream elevations $d/2$ apart, whereas the latter uses the elevation at the point and d downstream. In this study, the Python toolset has been applied to a 10-m DEM of a mountainous region near Mount Ontake in the Northern Japanese Alps. The results were then compared and validated with the previous method. In order to study the fluvial characteristics of the knickpoints, analysis were confined only to the stream locations, the results of which provide insights into morphological developments of the watersheds.

キーワード: automatic extraction, DEM, knickpoints, Python

Keywords: automatic extraction, DEM, knickpoints, Python