

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 裕弍^{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

SfM-MVS (Structure from Motion and multi-view stereo) 技術の地形計測への活用 Structure from motion and multiview stereo (SfM-MVS) in geomorphometry

内山庄一郎^{1*}; 井上 公¹; 鈴木 比奈子¹
UCHIYAMA, Shoichiro^{1*}; INOUE, Hiroshi¹; SUZUKI, Hinako¹

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)

近年、Structure from Motion (SfM) と multi-view stereo (MVS) 技術を統合したソフトウェアが開発され、PC で簡易かつ低コストに三次元モデルの構築が可能となった。SfM、MVS とともに、コンピュータビジョンの分野で開発された技術である。SfM により複数の画像からカメラの位置を推定し、MVS により三次元モデルを生成する。計算ソースに用いる画像には、民生用のデジタルカメラ画像や、空中写真をスキャンしたデータを利用できる。さらに、三次元モデルの生成処理は、コンピュータがほぼ自動で計算する。これまでは、伝統的な空中三角測量や LiDAR により DEM を取得してきた。しかし、空中三角測量は高価なソフトウェアと熟練技術者が必要であり、LiDAR は高コストである。SfM-MVS を地形計測に活用するにあたり、計測精度の検証や正確な GCP の設置などの課題がある。しかし、多くの研究者によって、これらの課題に関する検討が進められている。したがって、ここでは 3 つの例を挙げて、SfM-MVS の利活用について議論する。

最初は、詳細な地形図の制作に関する事例である。2013 (平成 25) 年 10 月 16 日未明、東京都の伊豆大島の東斜面において、台風第 26 号による豪雨によって大規模な斜面崩壊が発生した。斜面変動地形の詳細な DEM を取得するため、UAV で垂直写真を撮影し、SfM-MVS によって DEM を生成した。この結果、0.5 m 間隔の等高線を持つ地形図を作成した。この地図は、国土院が公開する解像度 5 m の LiDAR データと比しても、非常に精細に地形の凹凸を再現できた。

次の事例では、動画から地形図を作成することを試みた。動画は静止画に比して画像一枚当たりの総画素数が少ない。4K 動画で約 800 万画素、HD 動画で約 200 万画素である。さらに広角レンズを用いた場合、レンズ歪み補正によって画像の周囲が切り取られるため、計算に利用できる画素はさらに少なくなる。また、静止画に比べて圧縮ノイズが多い傾向がある。試行の結果、動画からでも地形図が作成できることを示した。ただし、通常は静止画のインターバル撮影の方が良い結果が得られる。UAV は墜落のリスクがあるため、高価な機材の搭載は避けたい。動画による SfM-MVS 処理が現実的に可能であれば、インターバル撮影機能の無い安いカメラでも SfM-MVS に活用できる。また、古い動画データから地形情報を得られる可能性がある。

最後の事例では、空中写真のスキャニングデータから DEM を得ることを目的とした。日本国内には 100 万枚を超える空中写真のアーカイブがある。したがって、空中写真から精度の良い DEM が得られれば、多時期比較や変化抽出が期待できる。使用した空中写真は一辺約 23 cm のアナログ写真をスキャニングしたデータと、デジタル航空カメラで撮影したデータである。スキャニングは専門の業者がスキャニングを実施した。スキャニングデータは約 1,270 dpi の解像度で、画像データ一枚当たりの総画素数は約 1.2 億画素である。デジタル航空カメラデータは、9,920 × 14,430 ピクセルの解像度を持つ。アナログ写真は 1978 年に撮影され、デジタル写真は 2012 年に撮影された。対象地は沖縄県西表島仲間川下流域、いずれもカラー写真である。これらを SfM-MVS で処理した。この結果、両方の時代の写真ともに地上解像度 0.3 m の DEM を得た。これらを比較したところ、2006 年、2007 年に襲来した台風による植生被害の様子が明らかになった。

これらの結果から SfM-MVS 技術により簡易で低コストに地形計測が実施可能であり、過去のアーカイブの活用も可能である。今後、急速に普及することが期待される。

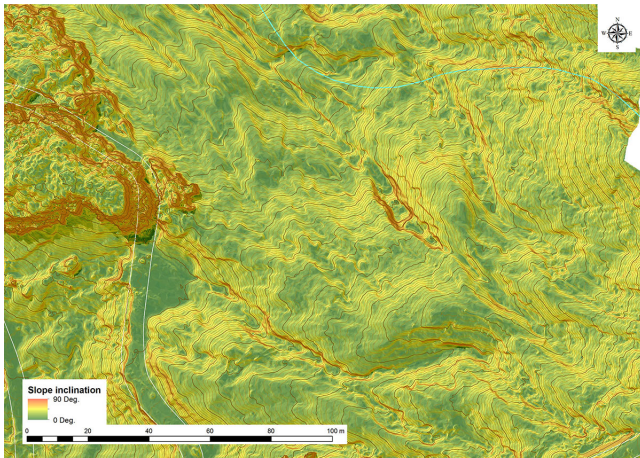
キーワード: SfM (Structure from Motion), MVS (multi-view stereo), 地形計測, 詳細地形図, 動画, 空中写真

Keywords: Structure from Motion (SfM), multi-view stereo (MVS), geomorphometry, topographic map, movie, aerial photograph

HTT08-P01

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 29 日 18:15-19:30



Terrestrial laser scanning approach on quantification of weathering depth of sandstone blocks in a coastal environment
Terrestrial laser scanning approach on quantification of weathering depth of sandstone blocks in a coastal environment

青木 久²; 早川 裕式^{1*}

AOKI, Hisashi²; HAYAKAWA, Yuichi S.^{1*}

¹Faculty of Business Administration, Daito Bunka University, ²Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

¹Faculty of Business Administration, Daito Bunka University, ²Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

Weathering in a coastal environment often causes degradation of artificial constructions if they are composed of weathering-prone materials including natural rocks and cements. Conservations of the vulnerability of such construction materials to weathering processes are thus important for their maintenance. Point to point, or cross-sectional measurements using scale bars have often been effective in describing the degree of weathering of such materials. However, accurate measurements of the amount of weathering in terms of areas and volumes have not often been performed due to the limitation in the measurement method for detailed, three-dimensional surface morphology. Here we demonstrate terrestrial laser scanning to describe three-dimensional surficial morphology of a weathered material: sandstone blocks used for masonry piers of bridge on a shore platform at Aoshima, Miyazaki in western Japan. The blocks have suffered from salt weathering above the sea level since the construction of the bridge in 1951. Weathering-induced depressions of sandstone blocks well develop in the spray zone. Our approach revealed sub-centimeter scale morphology of the block surfaces, as well as weathering depths and volumes of each block. Spatial distribution of the amount of weathering was also examined with regard to the sea level and the rock surface hardness. Continuous measurement of such detailed morphology will be necessary to clarify the contemporary rates of weathering therein.

Keywords: Weathering, Sandstone, TLS, Rock strength