

2014年広島土砂災害における空撮写真を用いた地形モデルの作成とLiDARデータとの比較

Surface Model Generated from Aerial Photo Observed to the 2014 Avalanche Damages in Hiroshima and its Comparison to LiDAR Data

○河野 洋行¹, 篠原 崇之¹, 松岡 昌志¹
Hiroyuki KAWANO¹, Takayuki SHINOHARA¹ and Masashi MATSUOKA¹

¹東京工業大学 大学院総合理工学研究科 人間環境システム専攻

Department of Built Environment, Tokyo Institute of Technology

This paper performed 3D surface model generation from plural aerial photoes taken the stricken areas due to the avalanche in Hiroshima city on August 2014 using Structure from Motion (SfM) technique in order to examine the efficacy of early damage evaluation based on a surface feature. We also validated the accuracy of height values in 3D surface model derived from SfM comparing to the LiDAR data acquired after the event.

Keywords: Structure from Motion, 3D Surface Model, Aerial Photo, LiDAR, Avalanche

1. はじめに

多発する広域自然災害の緊急的な情報収集にリモートセンシング技術を用いた被害把握が求められる。しかし、土砂災害や建物の倒壊など地表や対象物の高さ方向の変化について観測することは、衛星データからではやや精度が低い。また、LiDARによる三次元計測は一般的にコストが高く、さらに、データの解析に専門性が要求されるなど実用面では課題がある。

近年、コンピュータビジョンの分野では対象物の高さ精度の問題を改善できる技術が出現している。すなわち、複数の写真から三次元モデルの生成を可能とするStructure from Motion (SfM)はそのひとつであり、歴史的重要構造物や石碑などの三次元形状復元に利用されている¹⁾。一般的に災害発生後には航空機等によって多くの空中写真が得られる。これらの航空写真にSfMを適用することが可能であれば、地表面の詳細な三次元モデルが得られる。さらにSfMによるモデルを用いて被害状況の定量把握が可能となり、効果的な災害対応や復旧活動が期待される。

平成26年8月の豪雨に伴い広島県広島市において複数の土石流が発生し、大量の土砂が市街地へと流出した。本研究では、この土砂災害を観測した複数の航空写真を用いて、SfMにより地表面の三次元モデルを作成し、高さ方向の精度についてLiDARデータとの比較から検証を行った。

2. データセットと対象地域

広島県広島市安佐南区(図1(1))を対象とし、2014年8月28日~30日に撮影された国土地理院の航空写真117枚²⁾を用いて、三次元地形モデルを作成した。使用したソフトウェアはSfMの機能を有するagisoft社のPhotoscanであり、得られる三次元地形モデルは植生や構造物等を含むDigital Surface Model (DSM)である。また、土砂災害発生後(2014年8月27日~28日)にはヘリコプターによるLiDAR観測が実施された³⁾。本研究ではDSMの検証にこのLiDARデータを用いた。なお、LiDARデータは1mメッシュに補間したもので、処理の際には植生や構造物等

の高さ情報を除去したDigital Elevation Model (DEM)相当のデータである。

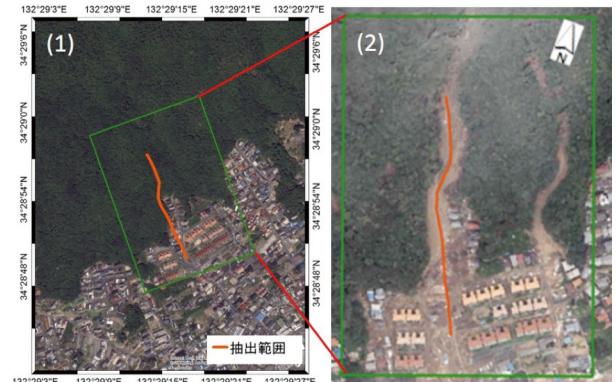


図1 土石流災害を観測した航空写真²⁾。(1) 対象地域、(2) 検証範囲。背景画像としてESRI's base map(衛星画像)を用いた。

3. SfMによるDSMの作成

(1) SfMの概要と三次元地形(点群)モデル

SfMでは、複数の写真から共通の特徴点を抽出し、相対的な対応から、それぞれのカメラの撮影位置と姿勢を推定する。求められた位置と姿勢のパラメータを用いて両眼立体視技術により、対象物の形状復元を行う。その結果として、図2に示すような三次元地形(点群)モデルの作成が可能となる³⁾。なお、本研究では点群作成時に共通特徴点が抽出できなかった部分の補間はしていない。

(2) DSMの作成

作成された点群モデルに対して、三角点・水準点とともにGCPを設定することで実空間の座標に投影できる。本研究では、対象地域全体の投影誤差が小さくなるようにGCPを選択した。SfMの点群の中で、LiDARデータの1mメッシュDEMの中心点から最も近い点を抽出し、LiDARデータの値と抽出した点データの値の両者の比較

から投影誤差を求めていた。投影された点群モデルを DSMとして以降の検討に用いた。

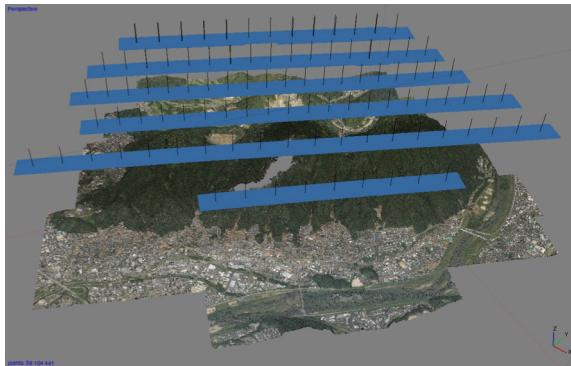


図2 Photoscanにより作成した対象地域の三次元地形（点群）モデル。青色の矩形は推定された写真撮影位置

4. 結果と考察

SfMによって作成したDSMとLiDARデータのDEMを比較し、高さ精度の検証を行った。検証に用いた地域は土石流の範囲であり、DSMについては、図1(2)に示す抽出ラインから両側5m以内の点データを選定した。DSMの点データとそれらが含まれる1mメッシュDEMの差分を算出した分布を図3に、両者の比較を図4に示す。

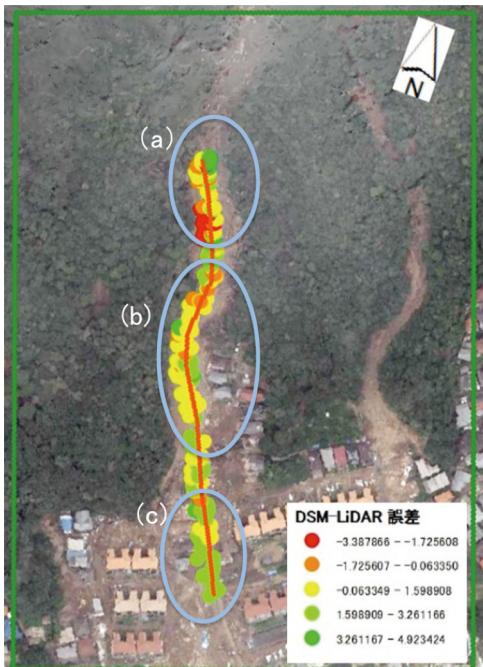


図3 DSMとDEMの差分の分布

被害写真を参考に、DSMとLiDARデータの差から算出した誤差を比較して観察すると、主に図3-(b)の比較的平緩な地表面がスムースなエリアにおいて差が小さく、図3-(a)の土砂流出発生に近い部分と図3-(c)の住宅地域において差が大きい。土石流発生地域内において、石や礫を含んで地表面の粗度が大きい場合や、建物の瓦礫等が存在する地域で両者の差が生じていると考えられる。また、LiDARデータは1mメッシュに補間した値であるため、

SfMで得られる点データの値とは必ずしも一致していないことが、誤差の生まれる要因と考えられる。なお、図4より、DSMとLiDARデータの二乗平均平方根の誤差は1.83mであった。SfMから得られるDSMの値とその精度は、航空写真の解像度やカメラ内部パラメータ情報の有無、GCPの選択方法などにより影響を受ける。そのため、PhotoScanによるDSM作成過程において、より最適な条件を設定することで高さ精度を改善できる可能性はある。

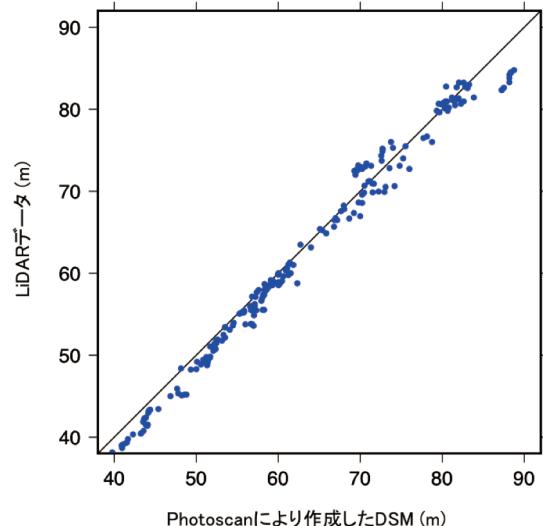


図4 Photoscanで作成したDSMとLiDARデータとの比較 (RMSE=1.83 m)

5. まとめ

本研究では、広島県安佐南区を撮影した空中写真からSfMを用いて三次元地形モデル（DSM）を作成し、LiDARデータのDEMとの比較から高さ精度の検証を行った。土石流発生地域内において両者を比較したところ、石や瓦礫等で地表面の粗度が大きい地域を含む場合であっても、2m以内の精度で高さ情報が得られることがわかった。今後、建物や植生の高さ推定の精度について、検討を行っていく予定である。

謝辞

航空写真は、国土地理院が地理院地図HPで公開しているデータを使用した。佐藤俊明連携准教授からはSfMについて教示いただいた。LiDARデータは、翠川三郎教授を通じて、朝日航洋株式会社より提供いただいたものである。関係者各位に記して謝意を表します。

参考文献

- 内山庄一郎ほか：SfMを用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究、防災科学技術研究所報告、Vol.81, pp.37-60, 2014
- 国土地理院：地理院地図、
<http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/index.html>
- 朝日航洋株式会社：ヘリコプターにより撮影した八木地区の土砂流出状況、<http://www.aeroasahi.co.jp/cgi-bin/news/detail.cgi?id=264>
- N. Snavely, S. M. Seitz, R. Szeliski: Modeling the World from Internet Photo Collections, International Journal of Computer Vision, Vol.80, No.2, pp.189-210, 2008.