

津波被災地の瓦礫量の三次元計測に関する研究

東北大学大学院

学生会員 ○福岡 巧巳

東北大学災害科学国際研究所

正会員 越村 俊一

1. 序論

広域かつ激甚な災害被災地における被害情報の定量的把握に向け、リモートセンシング技術への要請が高まっている。特に津波災害対応への同技術の導入例として、津波浸水域の広域把握や建物被害程度を目視判読が挙げられるが[1,2]、前者では実質的被害への帰着が困難で、後者では多大な時間と労力を要する。さらに被災前後の比較が不可欠であり汎用性を欠く。一方、津波による「瓦礫」は建物被害程度との関連性が高く、より具体的な被害評価が見込まれる。また災害復旧期における諸対応の円滑化の観点からも、瓦礫量の把握は有意義である。さらに瓦礫の把握は被災後情報のみによる実施が可能であり、広域被害対応への汎用性が示唆される。

以上の事項を踏まえ、本研究では災害復旧期における迅速で定量的な被害把握を目的とし、リモートセンシング技術による津波瓦礫の三次元把握手法を提案する。

2. 解析対象

対象領域は宮城県女川町である。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震津波により壊滅的被害を受け、2,924棟の建物が全壊した(2013年1月8日、宮城県)。発生した津波瓦礫量は30.2万tと推計される(2012年10月31日、環境省)。同年3月19日、女川町内の解析領域で現地調査を実施し(図-1(c)内白枠)、Ground Truthを取得した。

解析対象とした光学画像は2011年3月19日撮影のデジタル航空写真(解像度0.25m, RGBカラー画像, 情報量8bit)である。各ピクセルには256段階の画素値が割り当てられる。解析対象LiDARデータは、地表物を含む標高情報を持つOriginalデータと地表物を除いた標高情報を持つGroundデータの2種である。Originalデータは2011年3月24日から翌4月8日にかけて取得され、観測密度は0.24m²/pointである。Groundデータは、Originalデータのフィルタリング処理から作成され、観測密度は1.00m²/pointである。また両データの垂直方向の分解能は0.01mである。なおLiDARデータは宮城県から提供頂いた。

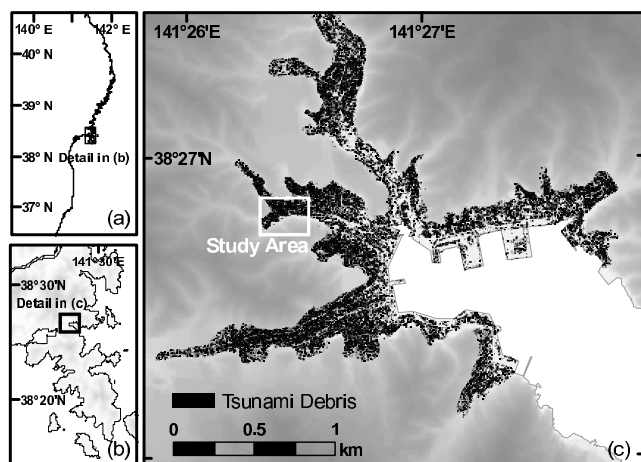


図-1 解析領域の位置と分類抽出された瓦礫域の分布

3. 手法

瓦礫の分布・堆積を三次元的に捉えるため、(1)光学画像の解析による面的な瓦礫分布の分類抽出と、(2)LiDARデータの解析による瓦礫堆積高の判読の2方向の瓦礫評価を行う。(1) 光学画像の解析は、解析領域内についてオブジェクトベース解析により実施する[5]。現地調査で取得されたGround Truthとの比較により、代表的地表物(瓦礫域・道路・土砂域・植生域)の分光特性を比較検討する。特定の地表物を最適に分類するような特性値(閾値)をDecision Tree法のもと抽出し教師データと定義する。本研究では植生域と瓦礫域の2種の分類教師データを定義し、2段階の教師付き分類を提案することで、高精度な瓦礫分類を可能にする。得られた教師データによって、女川町を包括する全領域に対し教師付き分類を実施し、広域的に瓦礫分布を分類抽出する。(2) 堆積高の判読にはDigital Surface Model (DSM)とDigital Elevation Model (DEM)の2標高モデルの差分値を用いる。標高モデル作成のためのLiDARデータの内挿法として、起伏のあるサーフェスに適し、大量データの高精度処理が可能な逆距離加重法を採用する[3]。得られた標高モデルを検証、補正し、地表物高を再現する標高差分値モデルを作成する。操作(1,2)の結果から瓦礫分布と地表物高を統合し、瓦礫分布・堆積を三次元的に再現する。さらに女川町内の瓦礫に関する三次元情報を算出し、検証する。

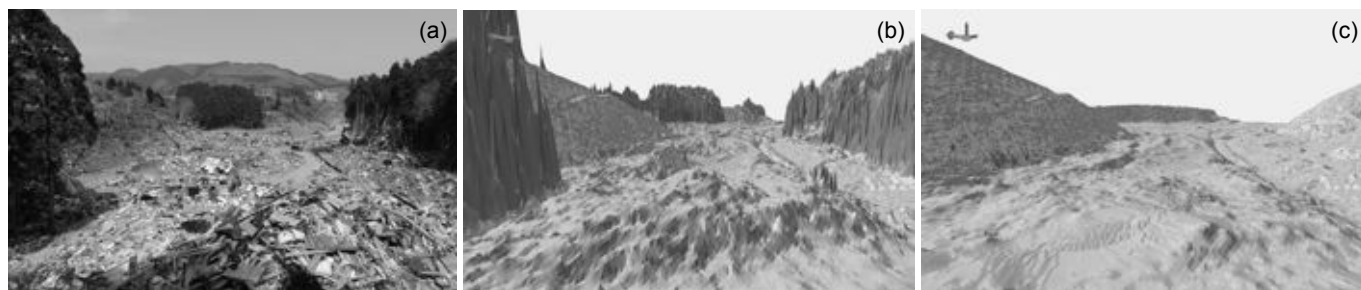


図-2 数値標高モデルによる瓦礫堆積状況の三次元再現: (a)実際の瓦礫堆積状況, (b)同視点からのDSM, (c)同視点からのDEM

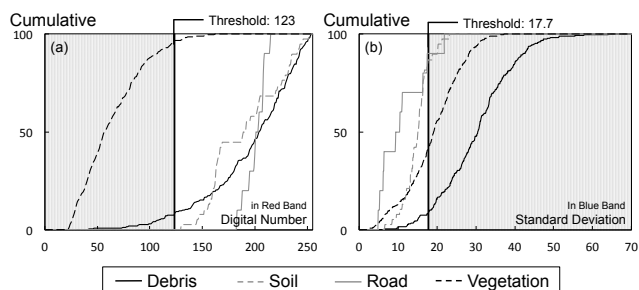


図-3 オブジェクトベース解析の結果: (a)画素値, (b)標準偏差

4. 結果と考察

画像のオブジェクトベース解析の準備として、対象画像にセグメンテーション処理を行う、これは複数ピクセルの結合、オブジェクトの作成を行う処理であり、隣接するピクセル間の特徴（画素値・形状）の数値化により制御が可能である。Ground Truthと作成したオブジェクトを照合し各地表物の持つ分光特性（画素値・標準偏差）を抽出した。各特性値と対応オブジェクト数の累積度数を考察した結果、植生域・瓦礫域の分類教師データをそれぞれ[画素値_{Red Band} = 123], [標準偏差_{Blue Band} = 17.7]と決定した(図-3)。これら教師データによる瓦礫域の教師付き分類精度は[P.A., U.A.]=[89.5%, 95.5%]と示され、既往の分類精度[83%, 79%]を超えた[4]。さらに同手法による女川町全域の瓦礫域分類抽出を行った結果、その被覆面積を45万 m^2 と推計した(図-1(c))。

逆距離加重法によりLiDARデータからDSMとDEMを得た(図-2(b,c))。両モデルの検証よりDEMに+0.05mの補正を行った後、標高差分値モデルを作成した。同モデルについて定性的な検証を行い、各種地表物高や瓦礫の堆積サーフェスの再現性を確認した。

標高差分値モデルに分類抽出された瓦礫域をマスクし、瓦礫量の三次元推計を行った。標高モデルに発生するノイズや、瓦礫域の誤抽出（植生域・建物等）の除去のた

め、瓦礫の限界堆積高を5mと仮定し推計を行った結果、女川町の瓦礫の総体積が23.8万 m^3 と推定された。さらに瓦礫の嵩比重を1.2 t/m^3 と仮定した場合[6]、瓦礫の総重量29.8万 t を得た。2012年10月推計値30.2万 t との差分0.4万 t は、2011年4月から翌年10月の19ヶ月間の建物の解体から発生する瓦礫分であると考察される。

5. 結論

本研究では、高密度LiDARデータと高解像度デジタル航空写真の解析による津波瓦礫の三次元推計手法を提案した。光学画像の教師付き分類を90%超の精度で実現し、標高解析から瓦礫の堆積状況の三次元数値モデルを作成、その再現性を確認した。また画像解析・LiDAR解析の統合による瓦礫の三次元計測を実施し、女川町内の瓦礫の被覆面積45万 m^2 、総体積23.8万 m^3 、総重量29.8万 t を推計した。

参 考 文 献

- [1] Gokon, H. and S. Koshimura(2012): Mapping of building damage of the 2011 Tohoku earthquake and tsunami in Miyagi prefecture, Coastal Engineering Journal, Vol.54, No.1, 1250006.
- [2] Liu, W. and F. Yamazaki(2011): Characterization of flooded areas due to the 2011 Tohoku, Japan earthquake from SAR intensity images, Proc. 32nd Asian Conference on Remote Sensing, Taipei, Paper No.135, CD-ROM, pp.602-606.
- [3] Liu, X., Zhang, Z. and J. Peterson(2009): Evaluation of the performance of DEM interpolation algorithms for LiDAR data, Proceedings of the Surveying & Spatial Sciences Institute Biennial International Conference, pp.771-780, ISBN: 978-0-9581366-8-6.
- [4] Koshimura, S. and S. Kayaba, H. Gokon(2011): Object-Based Image Analysis of Post-Tsunami High-Resolution Satellite Images for Mapping the Impact of Tsunami Disaster, 2011 IEEE International Geoscience & Remote Sensing Symposium, pp.1993-1996.
- [5] 福岡巧巳・越村俊一(2012): オブジェクトベース画像解析による津波被災地の瓦礫量の把握, 土木学会論文集B2(海岸工学), 68巻, 2号, pp.L371-L375.
- [6] 国立環境研究所(2011): 災害廃棄物の重量容積変換について(第一報), <<http://www.nies.go.jp/shinsai/1-1.html>> (2013.1.22, accessed)