

航空レーザー測量による 2016 年熊本地震の倒壊建物抽出

千葉大学 正会員 ○リュウ・ウェン
 千葉大学 正会員 山崎 文雄

1. はじめに

2016 年 4 月に発生した一連の熊本地震において、大規模な斜面崩壊、多数の道路寸断、ライフラインの停止など多くの被害が生じた。また、消防庁によると、8 千棟以上の住宅が全壊、3 万棟以上が半壊した。そのうち、2 度にわたり震度 7 が観測された益城町における建物の被害が最も注目されて、様々な機関による建物被害調査が実施された¹⁾。リモートセンシング技術は災害発生後の早期被害把握に有効のため、熊本地震の発生直後から国土地理院や航測会社などにより、航空写真撮影、航空レーザー測量、ドローン空撮などが実施されている。Moya ら²⁾は、アジア航測(株)により本震前後に撮影された高密度の航空レーザーデータを用いて、本震による断層付近の地殻変動量を推定し、本震で倒壊した建物の抽出を行った。佐川ら³⁾は同データを用いて、熊本地震県における斜面崩壊箇所の検出を行った。

本研究では、国土地理院が 2006 年に測量した航空レーザーデータと熊本地震の本震後に測量したものをを用いて、熊本地震前震と本震による倒壊建物の抽出を試みる。また、日本建築学会九州支部他の悉皆調査結果^{1,4)}と比較し、抽出精度の評価を行う。

2. 航空レーザーデータと解析手法

対象地域は、最も建物被害が多かった益城町中心部とした。地震前の航空レーザーデータは 2006 年 5 月 15 日に測量したもの、地震後のデータは 2016 年 4 月 23 日に測量したものである。2006 年のデータの平均測量点密度は 0.72 点/m²、2016 年の平均点密度は 5.92 点/m²と地震前データの約 8 倍である。

まず、測量点データは解析ソフト ENVI Lidar を用いて、数値表層モデル(DSM)と数値標高モデル(DEM)に変換した。点密度を考慮し、地震前のデータから作成された DSM と DEM は 2m/pixel に、地震後のものは 1m/pixel にリサンプリングした。国土地理院の電子基準点では、最大 97cm の水平移動が観測されたため、地震前の DSM をもとにサブピクセル単位での位置合わせを行った。位置合わせ後の DSM データを図-1(a, b)に示す。垂直変動量を補正するために、位置合わせ後の DEM の差分を求めた。対象地域の DEM 差分の平均値が-0.6m(地震後一地震前)であり、地震による垂直変動量とみなして地

震後の DSM を補正した。

建物が倒壊した場合、高さに変化が生じると考え、地震前後の DSM の差分を用いて倒壊建物の抽出を行った。地殻変動量を補正した DSM の差分を図-1(c)に示す。地震前のレーザーデータは 10 年前に測量されたため、建物被害のほか、建物の増築・改築、植生の変化により、高さが 3m 以上変化したところは多数存在する。国土地理院が公開する基盤地図情報より建物の輪郭データをダウンロードし、図-1(c)に黒枠で示す。対象地域内において、計 3502 棟の建物が存在する。建物輪郭データは 2006 年以降のものであるため、まず 2006 年に存在する建物を抽出した。建物の境目で地面に当たったレーザー測量点を除くため、建物輪郭を中心へ 2m 縮め、地震前の建物高さ(DSM-DEM)の平均値を求めた。この高さが 2.5m 以上かつ面積が 16m²以上のものを対象建物とし結果、計 2675 棟の建物が抽出された。これらの建物輪郭内に、高さが著しく低下した部分があれば、倒壊建物と判定する。

3. 倒壊建物の抽出結果と検証

地震前後の DSM を用いて、低下した高さが 0.5m 以上、1.0m 以上、1.5m 以上、3 つの閾値により倒壊建物の抽出を行った。また、2m 縮めた建物輪郭内における高さの低下した部分が 4pixel 以上の場合のみ有効とした。閾値を 0.5m とした場合、522 棟(約 1/5)の建物が倒壊として抽出された。閾値を 1.0m とした場合 418 棟、閾値を 1.5m とした場合 355 棟の建物が抽出された。

建物の輪郭データを点データ(中心点)へ変換し、57m メッシュの倒壊率マップを作成した。メッシュは、総務省基準地域メッシュを東西方向は 1/20 に、南北方向は 1/16 にした区分とした。倒壊率はメッシュ内の全建築物数における抽出された倒壊建物数の割合である。3 つの閾値を用いて作成された倒壊率マップを図-2 に示す。2.7km²の対象地域内に、建物の存在するメッシュの数は 458 である。

抽出結果を検証するために、日本建築学会の悉皆調査をもとに作成された倒壊率マップと比較した。この悉皆調査では、2,340 棟建物の被害レベルを調査した。そのうち、対象地域と重なる 351 メッシュにおける倒壊率マップを図-3 に示す。本研究で作成し

キーワード 航空レーザー測量、熊本地震、倒壊建物、高さ変化

連絡先 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学大学院工学研究院 TEL: 043-290-3528

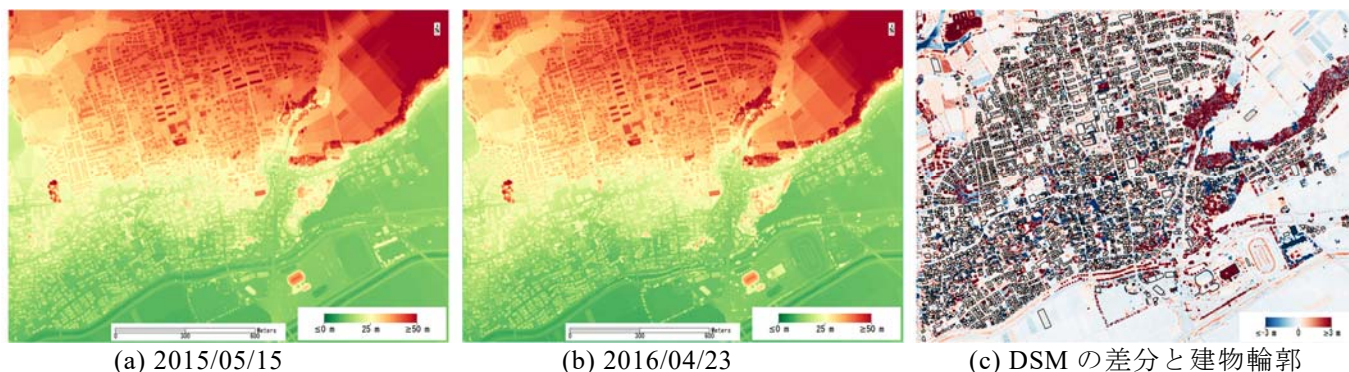


図-1 (a, b) 地震前後の航空レーザー測量データから作成した数値表層モデル (DSM)； (c) 地震による地殻変動を除いた DSM の差分と基盤地図情報よりダウンロードした建物輪郭データ（黒枠）

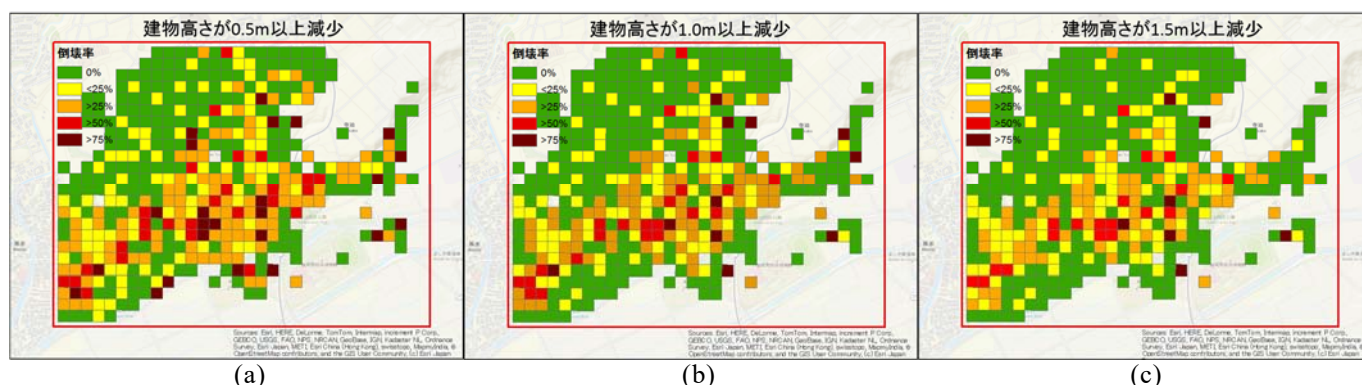


図-2 建物輪郭データ内における高さの低下が 0.5m 以上、1.0m 以上、1.5m 以上の箇所があれば倒壊とみなした場合、それぞれ作成された 57m メッシュの倒壊率マップ

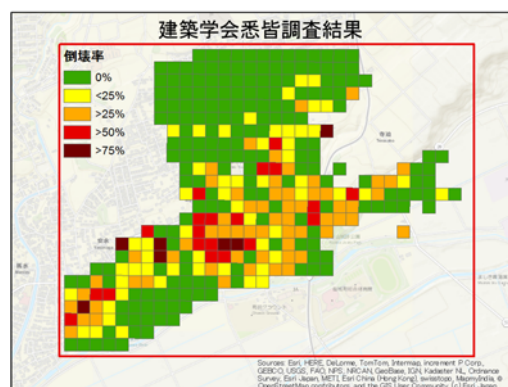


図-3 日本建築学会の悉皆調査結果をもとに作成した倒壊率マップ

た倒壊率マップは、悉皆調査から作成されたものとよく近似し、倒壊率 50%以上の地域が県道 28 号線の南側に集中している。また、閾値が 0.5m とした場合、倒壊率を過大評価する傾向があった。閾値による精度の変化を検討するために、メッシュごとの倒壊率の相関を求めた。その結果、高さ低下の閾値が 1.0m 以上の場合、相関係数が 0.73 と最も高かった。

4. まとめ

本研究では、熊本地震前の 2006 年と地震後の 2016 年 4 月 23 日に測量された航空レーザーデータを用いて、益城町中心部における倒壊建物の抽出を行い、倒壊率マップを作成した。地震前後の建物高さが著

しく低下した箇所があれば倒壊とみなし、低下高さを 3 つ閾値に分けて倒壊建物の抽出を行った。日本建築学会の悉皆調査より作成された 57m メッシュの倒壊率マップと比較し、低下高さが 1.0m 以上の場合に作成された倒壊率マップが、最も相関が高く、よく一致していた。今後は、アジア航測(株)が撮影した本震前後の航空レーザーデータと組み合わせて、前震と本震それぞれによって倒壊した建物の抽出を行う予定である。

謝辞：本研究で使用した航空レーザーデータは国土地理院より提供されたものである。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：平成 28 年(2016 年)熊本地震建築物被害調査報告（速報），No. 929, 2016.
- 2) L. Moya, F. Yamazaki, W. Liu, M. Yamada: Detection of collapsed buildings from lidar data due to the 2016 Kumamoto earthquake in Japan, Natural Hazards and Earth System Sciences, European Geosciences Union, 18, pp. 65-78, 2018.
- 3) 佐川由季, Luis Moya, 山崎文雄, 劉ウエン：航空レーザーデータを用いた 2016 年熊本地震における斜面崩壊の抽出，土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集，III-172, pp. 343-344, 2017.
- 4) 菊池健児, 田中 圭：益城町の悉皆調査，2016 年熊本地震災害調査報告会資料，2016 年度日本建築学会大会（九州）災害部門 緊急報告会，2016.