

航空写真を用いた地震による建物被害の概略推定

Approximate estimate of the building damage caused by an earthquake using aerial photographs

○山田 雅行¹, 八木 悟¹, 竹澤 請一郎¹, 羽田 浩二², 今井 隆太³, 若井 淳⁴,
藤原 広行⁴
Masayuki YAMADA¹, Satoru YAGI¹, Koichiro TAKEZAWA¹, Koji HADA²,
Ryuta IMAI³, Atsushi WAKAI⁴ and Hiroyuki FUJIWARA

¹(株)ニュージェック 技術開発グループ

Technology Development Group, NEWJEC Inc.

²(株)ニュージェック 建築グループ

Architecture Group, NEWJEC Inc.

³みずほ情報総研(株) サイエンスソリューション部

Department of Science Solution, Mizuho Information & Research Institute

⁴国立研究開発法人 防災科学技術研究所 社会防災システム研究領域

Department of Integrated Research on Disaster Prevention, NIED

JMA Seismic Intensity 5-upper was observed in Hakuba village by the 2014 northern Nagano earthquake with a magnitude 6.7. Focusing on Kamishiro Horinouchi district where many buildings were damaged, we tried approximate estimate of the building damage caused by the earthquake using aerial photographs. Especially we obtained to detect the displacement value and direction of damaged buildings.

Keywords : Approximate estimate, building damage, 2014 northern Nagano earthquake, aerial photograph

1. はじめに

2014年11月22日22時08分頃に長野県北部を震源とする Mj6.7 の地震が発生し、長野市、小川村、小谷村、白馬村、信濃町において震度 5 強以上の揺れが観測された¹⁾。死者・行方不明者こそなかったが、家屋などの建物や地盤などの被害が多く報告されている²⁾。

一方、著者らは断層極近傍の地震動推定を行ってきた³⁾。一般に、地震動は地盤によって受ける影響が大きいものの、今回のような断層に非常に近い地域においては、表層に近い部分の断層破壊の影響も否定できない。

そこで、震度 5 強であった白馬村において、ことさら多くの建物被害が見られた神城堀之内地区(以下、調査地区)に着目し、震源の影響による揺れの方向の特徴の有無について言及することを目指して、航空写真を用いた被害の概略推定、特に建物の移動方向の検出を試みた。

2. 航空写真を用いた地震被害建物の推定手法

(1) 推定に用いた航空写真と対象建物

被災前の航空写真は、2009年11月に地上解像度約25cm/Pixel, 8000×6000 Pixelで垂直撮影されたもの(図1の元図、NTT空間情報(株))、被災後は、2015年11月に地上解像度約18cm/Pixel、約17000×11000 Pixelで垂直撮影されたものである(図2の元図、中日本航空(株))。

調査地区(200m×200m程度)において対象とした113戸について、航空写真から被災前後の建物の屋根の形状を多角形として読み取った(図1、図2)。また、多角形の重心を、建物の重心点と考えた。

(2) 地震被害建物の推定手法

通常、中心投影である航空写真の情報を、地図等の二

次元平面において比較できる地理情報に整理する場合は、複数の航空写真や既存の標高データを利用して正射投影であるオルソ画像の作成が行われる。また、この技術は、色調や外形の変化、移動量の検出などの判読処理を行うことによって、迅速かつ簡便な広域地震被害推定への適用も進められつつある(例えば⁶⁾)。

しかしながら、標高データや航空写真の量にオルソ画像の精度が依存することや、今回は被害建物の移動方向の検出を限定的に行うことに鑑み、以下に示す方法を用いて、個別に撮影された被災前後、各1枚の航空写真を用いて建物の比較を行うこととした。

① 座標変換

被災前の道路や電柱を基準点(不動点)と考え、調査地区内に均等に分布するように9点を選定した。被災後の航空写真において対応するそれぞれの点が一致するように、被災後の航空写真を座標変換した。変換式として、衛星直下の狭い範囲の画像や既に画像化された地図等を地上座標に変換する際に利用されるアフィン変換(一次)を採用した。アフィン変換は、原点移動、回転、縮尺、剪断を変換することが可能な二次元座標変換である。

なお、調査地区では地盤による地盤の移動も報告⁷⁾されているが、選択した不動点においては、その移動量が僅かであると考え、誤差の範囲とみなした。

② 建物の重心点における平均変位ベクトルの補正

撮影位置(撮影方向)の異なる被災前後の航空写真を二次元平面で比較する場合、オルソ補正を行わぬ、地表面での座標変換だけでは、標高や建物(建物の屋根)の地表面からの高さによって、その位置に差異を生じる。調査地区は小さな領域であり、航空写真の全画角に対して

ごく一部に相当するため、対象建物が同程度の高さであれば、中心投影による位置の差異は一定と考えられる。したがって、被災前後の建物の重心点座標の変位ベクトルを定義し、その平均変位ベクトルが中心投影によって生じる差異であると考え、各建物の被災前後の重心点移動量から平均ベクトルを減じた値を建物移動量と考えた。なお、調査地区(標高約 750m)において、標高が±10m を超える山麓の9戸は対象外とした。

3. 航空写真を用いた地震による建物被害の概略推定結果

被災前後の建物位置の比較を図3に示す。図4には現地調査に基づく建物被害(建物移動)状況を示す。

図3の左端A付近や右下のB付近では建物移動量が少ない結果となった。現地調査でもA,B付近では明瞭な建物移動が目視では観察できなかった。一方、図3中央部Cでは大きな建物移動量が検出された。この付近では、倒壊した建物(×印)が多く見られた。また、C付近およびD,E付近では、検出された建物移動方向(青■に対する赤■の相対位置)は、現地調査結果(←, ←印)と概して調和的であった。

4. おわりに

被災前後の航空写真に対して、座標変換と平均ベクトルの補正という非常に簡便な画像処理手法を適用し、被害の概略推定(建物移動方向の検出)を試みた。その結果、現地調査による被害分布や建物移動方向と概ね調和的な結果が得られた。今後は、白馬村の他地区における被害の概略推定を進めるとともに、推定された建物移動量の地理情報の統計処理などによって、建物移動方向と揺れの方向との関係や推定移動量と倒壊建物の関係などについて検討を行う予定である。

謝辞

本稿で用いた手法について、高知工科大学 高木方隆教授より貴重なご助言をいただいた。また、建物の抽出などの地道な作業を(株)ニュージェック 高木まどか氏に、三次元の幾何変換を同 深津宗祐氏にご協力いただいた。NTT 空間情報(株)、中日本航空(株)により撮影された航空写真を使用させていただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁：平成 26 年 11 月 22 日 22 時 08 分頃の長野県北部の地震について、2014.
- 2) 長野県：長野県神城断層地震による県内の被害状況等、2015.
- 3) 山田雅行ほか：断層極近傍のための理論地震動シミュレーション法を用いた断層表層領域破壊時の地震動推定、日本地震工学会・大会－2013.
- 4) 高木方隆：国土を測る技術の基礎、2012.
- 5) 国土地理院：オルソ画像について、<http://www.gsi.go.jp/gazochosa/gazochosa40002.html>.
- 6) 内閣府：「首都直下地震の復旧・復興準備推進調査」航空写真等を活用した首都直下地震に対応した被害認定方法の検討調査報告書、2008.
- 7) 国土技術政策総合研究所、建築研究所：平成 26 年 11 月 22 日に発生した長野県北部を震源とする地震により被災した白馬村神城地区の建築物の周辺地盤と基礎の状況調査報告、2014.



図1 被災前の航空写真と抽出した建物(青■)
(航空写真 : Copyright(c)NTT 空間情報 All Rights Reserved)



図2 被災後の航空写真と抽出した建物(赤■)
(中日本航空(株)に加筆)

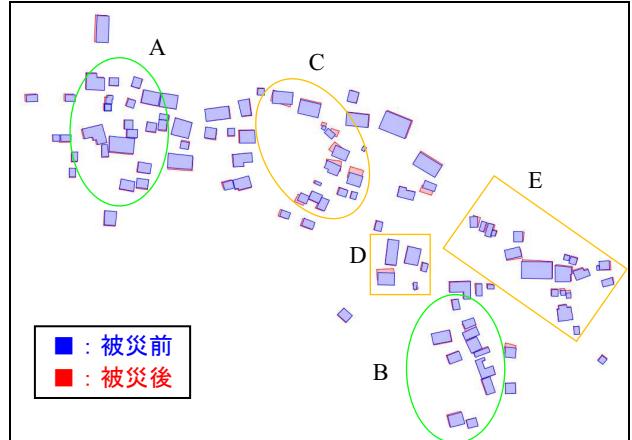


図3 被災前と被災後の建物の比較

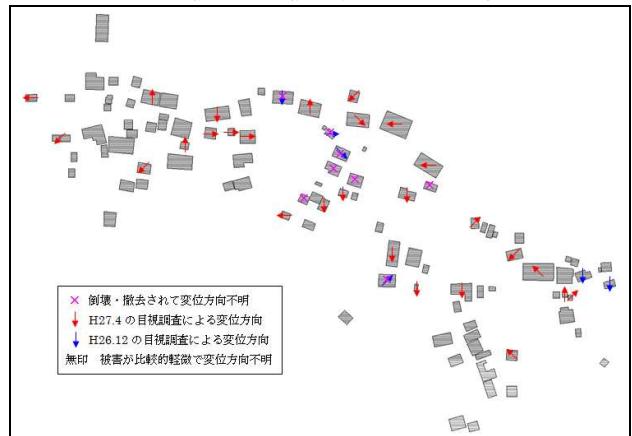


図4 現地調査に基づく建物被害(建物移動)状況