

# 3次元モデリング技術を活用した 建物被害状況の迅速マッピング手法の開発

住宅・都市研究グループ 主任研究員 阪田 知彦

## I はじめに

大規模地震発生時の早期の建築物被害の面的な把握と可視化は、初動期における様々な災害対応の場面において有益な情報であると考えられる。しかし、建築物は対象数が多いことから手間と時間がかかるとされてきた。実務的には、踏査により個々の建築物の被害を判定する応急危険度判定や罹災証明の調査は、ICT等の利用(石井:2012、等)により調査から集計までの時間の劇的な短縮化が図られつつあるが、それでも数週間程度の時間を要する。一方で、シミュレーション等により地震動等から被害推定を行う技術が実用化されており、発災から数時間程度で被害推定結果を得られるようになってきているが、一般的に推定結果には不安定さが含まれ、さらのその実行に必要なデータの準備やメンテナンスに多大な労力やコストを要する場合が少なくない。

そこで、発災直後の市街地の実際の被害状況を撮影した空撮画像等から、迅速に建築物1棟毎の被害状況を検出し可視化する方法の検討を行った。発災直後の市街地の被害状況を撮影した空撮画像等からの被害の検出は、画像処理技術による自動判読等の様々な技術的アプローチが考えられる。本研究ではシンプルに発災前後での建築物高さの変化のみに着目して、発災後の空撮画像や映像からモデリング技術の一種であるSfM(Structure from Motion)<sup>(1)</sup>により3次元化したデータと発災前の建築物等の地理空間情報に基づいて、それらの高さの差分計算による被害検出と可視化の手法(迅速マッピング手法)について検討した<sup>(2)</sup>。

## II 作成方法の検討

今回の作成フロー(図1)を考える上で最も留意した点は、発災前後での地盤変動等による位置のずれを自動的に検出し、位置合わせを行った上で被災前と被災後の高さの変化を計測することである。これらの処理を高速化・自動化するための検出プログラムを開発した(図2)。

## III 試作

前項のフローに基づいて、建築物被害図の試作を行った。本稿では2016年熊本地震の前震後及び本震後1日以内に撮影

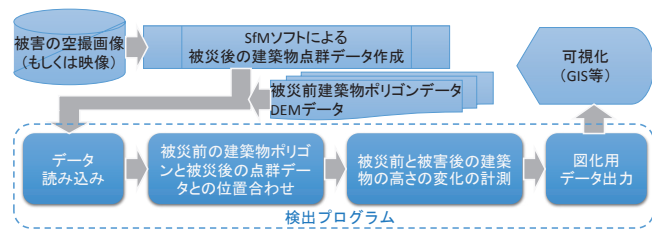


図1 迅速マッピング手法のフロー

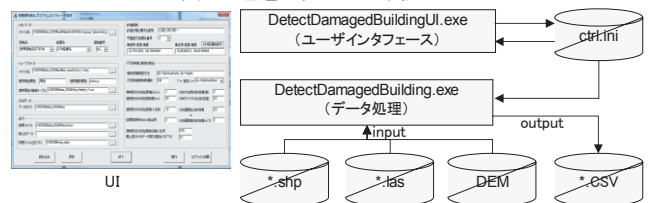


図2 被害検出プログラムの概要

表1 応急危険度判定結果との比較

応急危険度判定結果との比較 (暫定値)	応急危険度判定	
	被害無し (調査済み:緑)	被害有り (危険:赤・要注意:黄)
本方法	被害無し 6%	被害有り 16%
	被害有り 14%	被害有り 64%

された益城町中心部の空撮被害画像を用いることにした。これらから、SfMソフト<sup>(3)</sup>により点群データを生成し(図3)、前述の検出プログラムにより発災前後での高さの変化率<sup>(4)</sup>を計算した結果を可視化した(図4)。今回の試作では、被災前の建築物の高さを建築物ポリゴンの階数情報に平均階高を乗じて算出していることや、SfMで復元した被災後の点群の高さ40~60cm程度の誤差が含まれていることを勘案して、発災前後での高さの変化率が25%以上の建築物に黄色から赤色になるにつれて高さ変化率が大きくなるように図化した。発災前後での高さの変化率の計算や区分・表現方法も様々な考え方があるためさらなる吟味が必要である。

また、今回の試作範囲での処理時間は、概ね17分程度<sup>(5)</sup>であった。実際の発災から被害図の可視化までの時間は、地震の規模とその発災時刻、画像の配信と若干のデータの下処理の時間等を勘案する必要があるが、被害検出の工程のみに着目すれば、今回のアプローチで迅速に建築物1棟毎の被害の有無を検出し可視化することが可能であると言える。

さらに、事後に調査が行われた応急危険度判定結果との比



図3

SfMにより復元した2016年熊本地震本震後の益城町中心部の被災市街地3次元点群データ

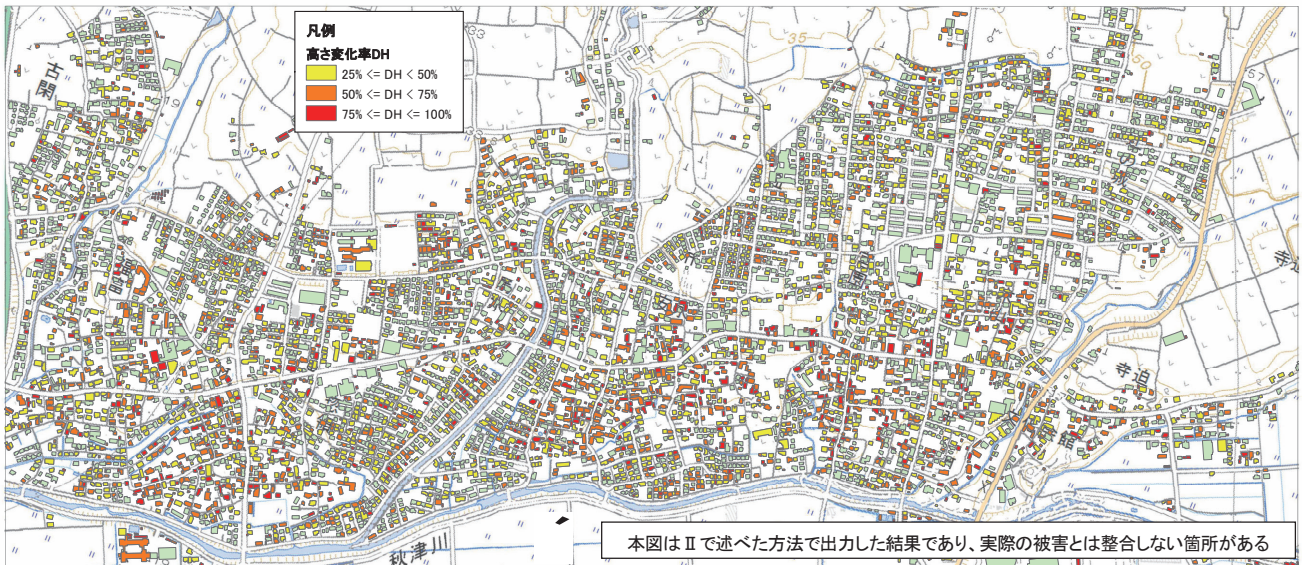


図4 本方法により作成した2016年熊本地震本震後の被害分布（益城町中心部）

較を行った。ここでは応急危険度判定の「危険（赤）」・「要注意（黄）」を被害有りの建築物、「調査済（緑）」を被害無しの建築物と見なして、本方法の結果をつきあわせると、正解率<sup>(6)</sup>は70%であった（表1）。

#### IV まとめと展望

以上、発災直後の市街地の被害状況を撮影した空撮画像等から SfM を活用して迅速に建築物被害図を作成する方法に関する基礎的検討の一部を報告した。今回示した範囲の処理時間は、概ね 17 分程度であったため、地震の規模や発災時刻や画像の配信と若干のデータの下処理の時間を勘案しても、今回のアプローチでも迅速に建築物 1 棟毎の被害概要を検出し可視化できると考えられる。今後の課題は、被害検出精度の検証と精度向上や適用例の蓄積等があげられる。

#### 謝辞

本稿の試作において使用した 2016 熊本地震の益城付近の空撮画像は、前震後に撮影された空撮画像は朝日航洋株式会社から、本震後に撮影された空撮画像の一部は国土地理院から提供を受けた。記して感謝の意を表します。

#### 注釈

- (1) SfMは複数の画像のカメラ位置等から対象物の空間的な点座標を復元するモデリング技術で、近年 3D プリンターや UAV・ドローン等の普及に併せて注目されている技術である。SfM の建築物の被害把握をテーマとした先行研究としては、河野ら(2017)による研究があげられる。
- (2) 阪田・岩見(2017)等を元に、加筆・修正を行っている。
- (3) Pix4D 社の Pix4Dmapper を用いた。
- (4) 本稿では、H1=被災前の建築物ポリゴンの階数情報×平均階高、H2=建築物ポリゴンに含まれる点群高さの中央値-建築物ポリゴン近傍の地盤面の点群高さの 5%ile 値として、高さの変化率  $DH=(H1-H2)/H1$  で算出した。
- (5) Intel Corei7-5600U、RAM8GB のノートパソコンでの処理時間。内訳は、SfM ソフトでの処理が約 9 分、検出プログラムでの処理が約 8 分。
- (6) 応急危険度判定が被害ありでかつ本方法での高さの変化率が 25%以上の件数と、同じく被害無しで高さの変化率が 25%未満の件数の合計を応急危険度判定の調査棟数で除したものの。

#### 参考文献

- 石井儀光(2012): タブレット型端末を用いた現地調査ツール、測量, 62(7), pp. 6-11.
- 河野洋行, 松岡昌志, 牧紀男, 堀江啓(2017): SfM-MVS 技術を用いた空撮写真による 3次元モデルからの地震建物被害の抽出, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 82, No. 735, pp. 775-782.
- 国土交通省国土地理院(2016): 建物三次元データ作成マニュアル(案), 国土地理院技術資料, D1-No. 761, [http://www.gsi.go.jp/kankyochiri/Laser\\_gi\\_jutusiryu.html](http://www.gsi.go.jp/kankyochiri/Laser_gi_jutusiryu.html), 2018年1月23日確認.
- 阪田知彦, 岩見達也(2017): 大地震時における SfM を活用した建築物被害図の迅速な作成方法の実用化に向けた検証, 地理情報システム学会研究発表大会論文集, vol. 26 (CD-ROM).