

UAV 空撮画像を用いた被災建物の 3 次元モデル構築

11T0234F 傳田 真也
指導教員 山崎 文雄

1. 背景と目的

日本は地震、火山噴火、台風、竜巻等の自然災害が多発する災害大国である。2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震では、東北から関東地方にかけて大きな被害が生じた。この地震により発生した巨大津波により、東京電力福島第一原子力発電所は甚大な被害を受け、大量の放射性物質が放出する大事故となった。このため状況把握が非常に困難となったが、この時、状況把握の役割を果たしたのが UAV (Unmanned Aerial Vehicle : 無人航空機) と人工衛星によるリモートセンシングであった。

このように、UAV は有害物質汚染地域や活火山、ダムや高層ビルといった高所等、有人での調査・観測が困難な現場での運用が可能である。また、災害発生時には迅速に状況を把握する必要があるが、UAV は即時性に優れている。対象物に接近して撮影できるため高解像度の画像を得やすいといった利点からも、最近非常に注目を集めている。

本研究では、東北地方太平洋沖地震による被災建物を実際に UAV で撮影し、得られた空撮画像から SfM (Structure from Motion) という手法によって、被災建物の 3 次元モデルの構築を試みた。

2. 撮影対象と現地調査

対象として宮城県女川町の江島共済会館を選定した。この建物は、津波によりもとの位置から 10m ~16m 程度内陸に移動して横倒しになっている。この対象構造物を撮影するため、2014 年 11 月 14 日に現地調査を行った。天候は曇天であった。図-1 に現地調査ルートと江島共済会館の現地写真を示す。

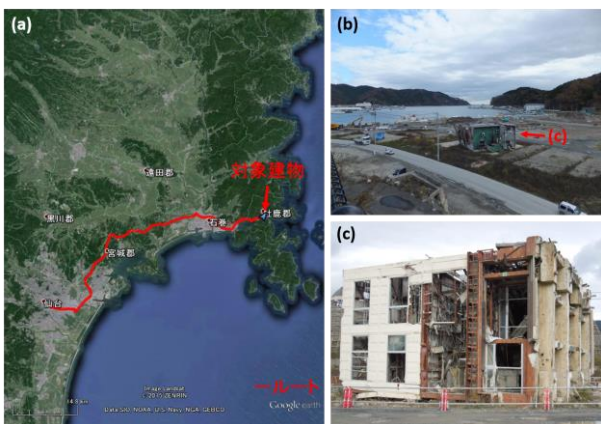


図-1 2014 年 11 月 14 日に行った現地調査のルート (a) と撮影対象になる江島共済会館の現地写真 (b-c)

3. 使用機材及びソフトウェア

使用した UAV は、4 回転翼の小型ヘリコプターである DJI 社製 Phantom2 vision+ を用いた。飛行高度は地上約 30m、撮影角度は鉛直下方とし、GPS 信号による自動操縦によって空撮を行った。使用した UAV と取得した画像の例を図-2 に示す。

SfM による 3 次元モデル構築には、商用ソフトウェアである Agisoft PhotoScan を使用した。SfM とは、複視点の画像を用いて、カメラ姿勢変化と対象物の 3 次元幾何形状を同時に算出する手法である。3 次元形状取得はコンピュータビジョンにおいて、カメラ姿勢変化はロボットビジョンにおける自己位置推定などに用いられるものである。

以下は SfM での 3 次元モデル作成の流れである。

- 1) 動画像の撮影・取得
- 2) 特徴点の検出
- 3) 特徴点のマッチング
- 4) 特徴点の 3 次元位置及びカメラ姿勢の推定
- 5) 3 次元モデル構築



図-2 使用した UAV 機体 Phantom2 vision+ (a) と撮影した対象建物の画像 (b)

4. 3 次元モデルの構築

図-3 に構築した被災建物の 3 次元モデルを示す。モデル構築に際して、UAV 空撮画像のみの 3 次元モデルでは、動画を 1 秒間隔でキャプチャーした画像を 100 枚、地上視点からのデジタルカメラ撮影による 3 次元モデルでは 45 枚の画像を使用した。UAV 空撮画像のみの 3 次元モデルでは、被災建物全体の概形は 3 次元モデル化できているが、建物のほぼ真上から撮影しているため、壁面が詳細にはモデル化できなかった。この点に関しては、適切な UAV の飛行経路や高度、カメラアングルについての再検討が必要である。しかし、被災建物全体の概形を簡便に構築することができるため、災害発生時に迅速に建物の被災状況を確認する場合などにおいて、有効に活用できると考えられる。

地上からのデジタルカメラ撮影による3次元モデルでは、UAV空撮画像による3次元モデルに比べ、建物壁面の状態は詳細に見て取れるが、建物上面の画像が得られないため、建物上面がモデル化できず、撮影時に、カメラと対象建物間に木や瓦礫等の不要な障害物が存在すると、その影になる部分のモデル化もできないという欠点がある。

次に3次元モデルの精度向上のために、まず使用画像にGCP (Ground Control Points : 地上位置情報)の追加を行った。GCPを追加することで、3次元モデルの位置精度を向上させることができる。画像上の任意の点に緯度、経度、標高等の座標データを読み込ませることにより、UAV空撮画像から構築した3次元モデルと地上デジタルカメラ画像から構築した3次元モデルの座標系の位置合わせを行い、これらを結合させた(図-4)。

結合させた3次元モデルとUAV空撮画像のみからのモデルを比較すると、UAV画像のみのものでは壁面に大きな穴が開いてしまっており、壁面の凹凸もはっきりと再現できていない。これに対して、結合させた3次元モデルではその穴が埋まっており、壁面の凹凸もより正確かつ鮮明にでていることから、モデルの精度が向上していることがわかる(図-5)。

この結果から、複数の3次元モデルを結合させることによって、建物の概形だけではなく、詳細な形状やテクスチャ情報が求められる場合に対応できるといえよう。

5. まとめと今後の展望

本研究では、東北地方太平洋沖地震の被災建物に対して、UAV空撮画像と地上カメラによる撮影画像を用いて、それぞれ3次元モデルの構築を試みた。また、構築した3次元モデルに別の3次元モデルを結合させることによって、モデルの精度向上を試みた。UAV空撮とSfM技術の融合によって、災害時に倒壊の危険性がある建物や有害物質の発生している場所などを安全、簡便、迅速に観測及びモデリングすることが可能となる。また、得られた情報をデジタルアーカイブとして保存し、今後の災害対応に役立てることができよう。

今後の課題としては、UAV空撮画像のみによって、高精度の3次元モデルを構築するための飛行・撮影条件の検討が必要である。また1つの建物だけではなく、広域の撮影画像や動画から市街地の3次元モデルを構築し、航空レーザーからの数値地表面モデル(DSM)や、災害の被災建物マップなどと比較することを考えている。

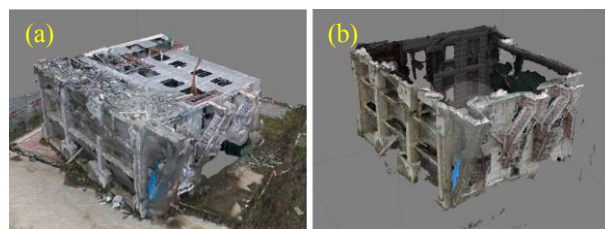


図-3 100枚のUAVの空撮画像(a)または45枚の地上写真(b)を用いて構築した3次元建物モデル

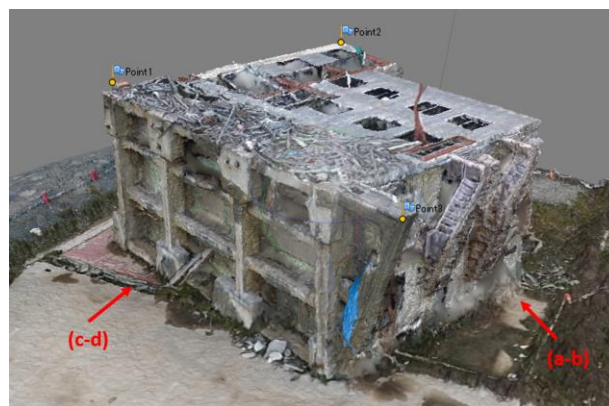


図-4 空撮画像と地上写真を併用して構築した高精度の3次元建物モデル

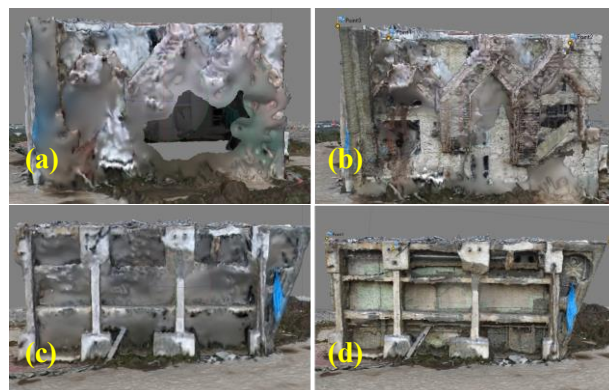


図-5 UAVの空撮画像のみで構築した3次元建物モデル(a, c)と、地上写真と空撮画像を両方用いて構築したモデル(b, d)の拡大比較

参考文献

- 1)内山庄一郎, 井上 公, 鈴木比奈子: 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研究報告, 第81号, 2014.
- 2)鈴木太郎, 鈴木真二, 廣川 類, 他: 小型自律飛行ロボットを用いた災害時における情報収集システムの構築, 日本ロボット学会誌, 26(6), pp.553-560, 2008.
- 3)D.Crandall, A.Owens, N.Snavely, D.Huttenlocher : Discrete-Continuous Optimization for Large-scale from Motion, Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011 IEEE Conference on, 2011.