

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 16 日現在

機関番号：12501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560174

研究課題名(和文) UAV搭載熱赤外センサによる夜間の建物被害把握システムの開発

研究課題名(英文) Development of damage detection system in natural disasters at nighttime using aerial thermal infrared images taken from UAV

研究代表者

山崎 文雄 (Yamazaki, Fumio)

千葉大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50220322

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、小型無人ヘリコプター(UAV)から撮影した画像を用いて自然災害による建物被害を抽出する研究を行った。その第1歩として、2012年につくば市を襲った竜巻の直後に、有人小型ヘリコプターから昼間の可視および熱画像と夜間の熱画像を撮影した。これらの熱画像と、地上調査に基づく建物被害状況を比較し、熱画像による被害抽出の可能性を検討した。さらに小型UAVに可視域カメラを搭載して、東日本大震災で被災した建物を撮影し、3次元モデルを構築する検討を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, the methods to extract building damage due to natural disasters from unmanned aerial vehicles (UAVs) are investigated. Thermal and optical images were acquired from a small manned helicopter in the daytime and nighttime just after the 2012 tornado that hit Tsukuba City. Comparing these images and field survey data, the possibility to extract building damage from aerial thermal images was suggested. Furthermore, an attempt to construct 3D digital models was carried out using aerial images taken from a UAV for damaged buildings due to the 2011 Tohoku earthquake tsunami.

研究分野：都市システム安全工学

キーワード：自然災害 建物被害 無人小型ヘリコプター 熱画像 光学画像 3Dモデル

1. 研究開始当初の背景

リモートセンシングによる災害把握は、近年、国内外ともに非常に盛んになってきている。とくに人工衛星に搭載された光学センサや合成開口レーダ(SAR)の高解像度化が進むとともに、センサの首振り機能などによって、災害直後における撮影機会も増大している。しかし、人工衛星による緊急観測は、最短でも1~3日後であるため、大規模災害に見舞われた発展途上国では極めて有用であるが、我国における役割はさほど大きくない。日本での緊急観測には、ヘリコプターからのヘリテレ映像や航空機からの空中写真が多用されている。しかし、これら可視・近赤外域の映像・画像は夜間には撮影できず、夕刻や夜間に発生した災害の場合には、約半日の「空白の時間」が生じることになる。夜間にも機能するセンサとしては、航空機搭載の合成開口レーダ(SAR)と熱赤外センサなどがあるが前者ははまだ研究開発レベルで、実用化・普及までには時間がかかる。一方、後者は単バンド画像であるため、従来、災害での活用は火山噴火などの温度把握が主であったが、画像処理と事前地図情報を組合せて、「夜間の空白」を埋める情報収集手段とすることを着想した。

2. 研究の目的

地震などの自然災害が発生した場合、被害範囲・程度の早期把握は、緊急対応をとるために極めて重要である。我国は国土が狭いこともあって、災害状況の早期把握にはヘリテレ映像や空中写真による航空リモートセンシングが多用されており、被害が広域にわたる大地震や、地上からのアクセスが困難な山間地域などの被害把握に力を発揮している。しかし、空撮による映像・画像は、可視域および近赤外域の光を利用しているため、太陽光のない夜間においては、基本的に情報収集が困難になる。一方、熱放射を観測する熱赤外センサは夜間でも利用可能である。

本研究では、最近、小型化・高性能化してきている熱赤外センサによる空撮画像を用いて、建物損壊などの災害状況を把握する手法を開発する。ここで熱赤外画像は解像度が低いため、有人ヘリに加えて、低空を飛行可能な無人航空機(UAV)からの撮影を検討・実施する。

3. 研究の方法

無人航空機(UAV)は有害物質の流出地域や火山、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、災害発生時においては、UAVは即時性に優れているため迅速な状況把握への利用が期待される。また、対象物に接近できるため高解像度の画像を得やすいという利点からも、最近非常に注目を集めている。本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震津波によって被災した建物を UAV と地上から

撮影し、得られた画像から SfM (Structure from Motion)手法によって、その3次元モデルの構築を試みた。

撮影対象として、津波により10m~16m内陸に移動して横倒しになった宮城県女川町の江島共済会館を選定した。この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。図1に現地調査ルートと対象建物の現地写真を示す。

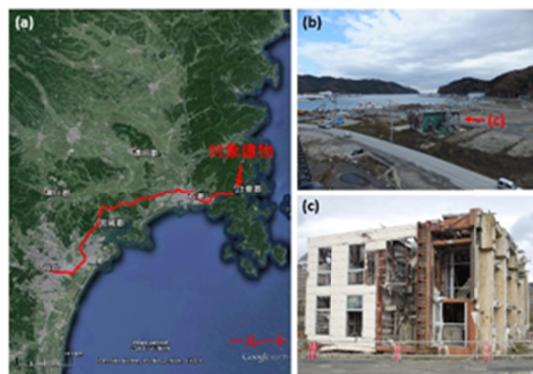


図1 現地調査ルートと対象建物

使用した UAV は、4回転翼の小型ヘリコプター Phantom2 vision + (DJI 社製)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。



図2 使用した小型無人ヘリと上空から撮影した被災建物の上面の様子

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。

SfMによる3次元モデル作成の流れは以下の通りである。

- 1) 動画の撮影・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・カメラ姿勢の推定
- 5) 3次元モデル構築

4. 研究成果

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空撮画像のみを用いた3次元モデル構築では、動画を1秒間隔でキャプチャーした画像を100枚、地上からのデジタルカメラ撮影によるものでは45枚の画像を使用した。UAV空撮画像のみを用いた場合は、被災建物全体の概形は3D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、撮影角度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単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。



図3 空撮画像のみから構築した3Dモデル(左)と地上撮影画像のみから構築した3Dモデル(右)

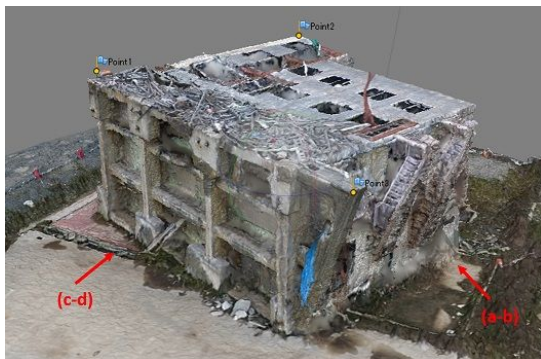


図4 空撮画像と地上撮影画像を組合わせて構築した3Dモデル

地上からのデジタルカメラ撮影による3Dモデルでは、UAV空撮画像によるものに比べ、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上面がモデル化できていない。また、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、その陰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3D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、3D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3Dモデル

と地上デジタルカメラ画像から構築した3D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)。

2種類の画像を結合させた3DモデルとUAV空撮画像のみからのものを比較すると、後者では壁面に大きな穴が開いて、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3D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おり、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、複数の撮影条件による画像を用いて3Dモデルを構築することにより、建物の概形だけでなく、詳細な形状やテクスチャ情報が求められるといえよう。



図5 空撮画像のみから構築した3Dモデルの詳細(左)と空撮画像と地上撮影画像を組合わせて構築した3Dモデルの詳細(右)

結論として本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震による被災建物に対して、UAVからの空撮画像と地上撮影の画像を用いて、それぞれ3Dモデルの構築を試みた。また、構築した3Dモデルと別の3D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ると考えられる。

今後の課題として、UAV空撮画像のみによって、高精度の3D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。また被災建物だけでなく、土木構造物等のモデルを作成し、安全点検や災害時におけるUAVの有用性を示すことを考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

鈴木賢太郎, 山崎文雄, 2012年つくば市竜巻災害を事例とした航空写真を用いた建物被害判読精度の検討, 査読有, 地域安全学会

〔学会発表〕(計6件)

上田英臣, 山崎文雄, 熱赤外サーモグラフィ装置を用いた構造物の劣化・被害検出に関する基礎的検討, 第14回日本地震工学シンポジウム, 2014年12月4日, 幕張メッセ国際会議場(千葉県・千葉市)

H. Ueda, F. Yamazaki, Basic experiment for damage detection of structures using infrared thermography device, The 5th Asia Conference on Earthquake Engineering, 2014年10月16日, Taipei(Taiwan)

松田薫元, 山崎文雄, 鈴木賢太郎, 航空写真を用いた2012年つくば市竜巻による被害自動抽出の試み, 日本リモートセンシング学会第56回学術講演会, 2014年5月15日(独)産業技術総合研究所 つくばセンター 共用講堂(茨城県・つくば市)

原香実, リュウ ウェン, 山崎文雄, 丸山喜久, 空撮ハイパースペクトル画像を用いた都市土地被覆のスペクトル特性, 日本リモートセンシング学会第55回学術講演会, 2013年11月22日, 日本大学工学部50周年記念館(福島県・郡山市)

K. Hara, W. Liu, F. Yamazaki, K. Suzuki, Y. Maruyama, Spectral Characteristics and Classification of Urban Land-Cover Based on Airborne Hyperspectral Data, Proc. 34th Asian Conference on Remote Sensing, 2013年10月21日, Bali(Indonesia)

鈴木賢太郎, 山崎文雄, 航空写真を用いた2012年つくば市竜巻の建物被害判読, 第32回地域安全学会研究発表会(春季), 2013年5月17日, 元湯雄山閣(秋田県・男鹿市)

〔その他〕

ホームページ等

<http://ares.tu.chiba-u.jp/~papers/index.htm>

6. 研究組織

(1)研究代表者

山崎 文雄 (YAMAZAKI FUMIO)
千葉大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 50220322

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし