

小型無人機(UAV)を用いた発災直後の ハザードマップ作成に関する基礎的研究

松岡 佑樹¹・藤生 慎²・高山 純一³・
中山 晶一郎⁴・須田 信也⁵・坂口 博紀⁶

¹学生会員 金沢大学 理工学域環境デザイン学類 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:yuki.sapphire.12@gmail.com

²正会員 金沢大学助教 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:fujiu@se.kanazawa-u.ac.jp

³正会員 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:takayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

⁴正会員 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

⁵非会員 SkyLink Japan 代表 (〒603-8053 京都府京都市北区上賀茂岩が垣内町103 スパイラルスペース 1階)

E-mail: fujiu@se.kanazawa-u.ac.jp

⁶非会員 株式会社ミクスメディア 代表取締役 (〒601-8005 京都府京都市南区東九条西岩本町10-2 イリアスオフィス2階)

E-mail:info@dpca-japan.org

災害が起きる前のハザードマップは存在するが、余震等による2次災害の抑止を目的とした災害直後のハザードマップの作成はこれまで行われてこなかったが、2016年4月14日に発生した平成28年熊本地震において、度重なる余震により、倒壊寸前であった建物が倒壊し、道路閉塞を生じ交通の妨げとなることや被災家屋の中にいた被災者が余震により家屋が倒壊し下敷きとなるなどが生じ、地震直後のハザードマップの必要性が高いことが明らかとなった。このような事例から、2次災害を抑制するためには、発災直後のハザードマップを発災直後に迅速に作成する必要がある。

そこで、本研究では、小型無人機(UAV)を用いて可視光カメラと赤外線カメラを搭載し被災地内を撮影することで、迅速に被害箇所を特定・把握し、その映像から発災直後のハザードマップを作成することを目指す。

Key Words : *unmanned aerial vehicle (UAV), hazard map, 2016 Kumamoto earthquake, visible light camera, infrared camera*

1. はじめに

2016年4月14日に発生した平成28年熊本地震は、熊本県内の建物に多大なる被害を与えた。この地震の特徴として余震が多く発生し、約2週間で1000回を突破した¹⁾。この多くの余震により、被災地では建物の倒壊や道路閉塞が数多く発生し、被災者の避難や被災地での生活に不安を与え、また地震後に実施される建物の被害を判定する応急危険度判定を行う調査員にも影響を与えたことが予想される。このように多くの人が余震により被害を受ける理由には様々なことが予想されるが、その中で現在までに地震発生直後のハザードマップが作られてこなか

ったことが原因である可能性が高い。ハザードマップは一般的には災害が発生する前に危険箇所をあらかじめ示しておくものであるが、こと地震に関しては本震の後にさらに度重なる余震により2次的被害が起りうるため、災害発生直後のハザードマップの存在が肝要である。2016年4月14日に発生した平成28年熊本地震では多くの余震が観測され、その地震発生直後のハザードマップの重要性がうかがえる。

これまでに災害直後のハザードマップが作成されてこなかった理由には、その必要性が見出されてこなかったところにあるが、今回の熊本地震や、また今後発生すると予想されている主首都直下地震、南海トラフ地震にお

いて、多くの被災者が発生するとともに、建物被害が発生すると考えられ、発災後の危険箇所を迅速に把握し地震発生直後のハザードマップを活用した迅速な被災地の支援の実施が必要であり、安全に活動を行える環境構築は急務である。

このような背景を鑑みて、本研究では、災害発生直後のハザードマップを作成することを最終的な目的とする。そこで本研究では、被災地上空に赤外線カメラを搭載した小型無人機(UAV)を飛ばし被災地を撮影し赤外線カメラの映像を元にハザードマップを作成する。本稿では、赤外線カメラによる被害検出が可能であるかを論じる。

2. 既往研究

これまでに赤外線カメラを用いて対象物を認識や、異常箇所を検知するような研究は数多く行われている。

例えば、高ら²⁾の研究では、赤外線カメラで得られた赤外面像に対してOpenNI (NITE)を用い、深度情報と形状情報を算出することにより人物が存在する部分を検出することが可能で、得られた領域に対して人物が存在する箇所に色を付して、人物以外の箇所は深度距離に従い深度情報の値が減少することで人物を判定するようにした。実験の結果として、32回のうち21回が正しく検出され、その精度は65.6%となった。

また、吉井³⁾の研究では、電氣的に活性化された故障部位から発生するジュール熱を、ロソクイン原理を利用して非常に高い感度で検知し、周期的に発生した熱を高感度赤外線カメラでサンプル表面イメージの各画素の温度情報として捕らえ、それを温度分布として可視化する。これまで半導体デバイスからプリント回路基板に至る幅広い電子機器・部品の故障箇所特定に適用され、広くその有効性が認められている。

本研究では、ハザードマップを作成する際に赤外線カメラで撮影された建物の被害の映像を用いるが、赤外線カメラで建物被害を把握しようとする既往研究はこれまでにない。なお、損傷した部分を検出しようとするのは吉井³⁾と同じだが、それを建物被害へ適応する研究事例はレビューの結果、確認できなかった。

3. 使用データ

本研究では、2016年4月14日21時26分に発生した平成28年熊本地震で被災した益城町の住宅を調査対象地域とした。

熊本県益城町は、この地震での最大震度7観測した地域で、熊本県内で最も被害を受けた地域であるがゆえに、

建物被害が顕著に表れている地域である。

建物被害データは、2016年4月30日に益城町で撮影を行った。赤外線カメラを搭載したUAVを、電柱・電線に引っ掛からず建物の画質が荒くならない高さである約50mまで上昇させ、被災建物を真上から撮影した。

赤外線カメラで撮影した映像と可視光カメラで撮影した映像とが比較しやすく、屋根被害を判別しやすい建物を一軒選び、これを本研究の実験の対象とした(図-1,2)。



図-1 本研究で実験対象とした建物の可視光カメラでの写真

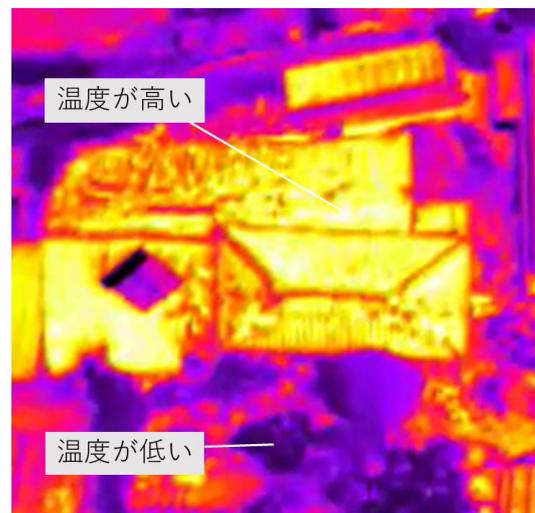


図-2 本研究で実験対象とした建物の赤外線カメラでの写真

4. 基礎分析

(1) 赤外線カメラにおいて被害箇所を目視で把握

はじめに建物の被害箇所は赤外線カメラにどう写るかを可視光カメラの映像と比較して検証した。

その結果、伝統的な日本家屋のような屋根に瓦が使われている家は、地震動により瓦が滑り落ちている箇所があり、屋根の下地(木や土)が露出している。図-2に示す

通り、瓦が落ちていない部分は瓦が熱を持つため赤外線カメラには温度が高く表示され、屋根の下地が露出している部分は瓦よりも熱を保持しておらず、瓦部分よりも低い温度が示された。

一方、近年の建物の屋根には瓦より軽量で熱を保持しにくい屋根材を使用しており、屋根材があるところと落ちてしまったところに温度の表示の違いが大きくは見られなかった。

また、瓦や屋根材が落ちてしまった建物で、屋根にブルーシートを被せているところが多く見られたが、ブルーシートは熱を保持しにくく、温度が低く写った。

(2) 被害のある箇所とない箇所のRGB値を比較

(1)で屋根被害のある箇所とない箇所で赤外線カメラの映像の写り方の違いを目視で把握したが、定量的な違いを示すために、それぞれのRGB値を比較した。

RGB値を調べるためにPhotoshopに被害のある建物を取り込み、被害のある箇所とない箇所のピクセルをランダムに1000点選択し、そのRGB値をPhotoshopのスポイトツールを用いて調べた。その結果を図-3,4,5,6,7,8に示す。

図-3,4,5から、被害のある箇所のRGB値の特徴として以下のことがあげられる。①R値は255が圧倒的に多い。②R値が200を下回ることはない。③R値の平均値は245.1490。④G値のふり幅は大きい。⑤B値は0が突出している。⑥屋根部分の温度は周囲の温度よりも比較的高く、Bが混ざると温度が低いことを示すので、B値が低く出ていると考えられる。⑦最大値が81であるため一概にB値が低いところだけが被害箇所であるとは判別しにくい。⑧B値の平均値は12.4830。

一方、図-6,7,8から、被害のない箇所のRGB値の特徴として以下のことがあげられる。①R値は255が多いこと。②R値が200を下回ることはない。③R値の平均値は250.6700。④G値では、154だけが突出しているが全体的に値は高い。⑤G値の平均値は253.0670。⑥B値のふり幅は大きい。⑦B値の平均値158.6830で、平均値まわりで頻度が高い。

また、図-3,6を比較すると、それぞれのR値の特徴として、①255の頻度はどちらも高いが被害のない方(図-6)が低い②被害のある方(図-3)が値の範囲が広い③被害のない方(図-6)は値が比較的まとまっている。

図-4,7を比較すると、それぞれのG値の特徴として、①値に歴然な差が見られる(被害のない方(図-7)が高い)②被害のある方(図-4)は値の範囲の幅が広いが、ない方(図-7)は高い値に集中している。

図-5,8を比較すると、それぞれのB値の特徴として、①G値同様、値に歴然な差が見られる(被害のない方(図-8)が高い)②どちらも値の幅は広い③被害のない方(図-

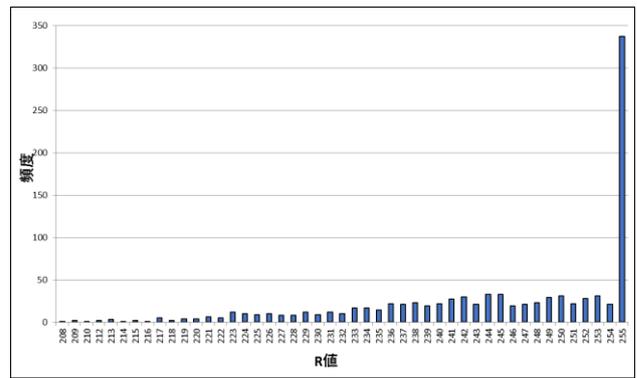


図-3 建物の被害のある箇所のR値

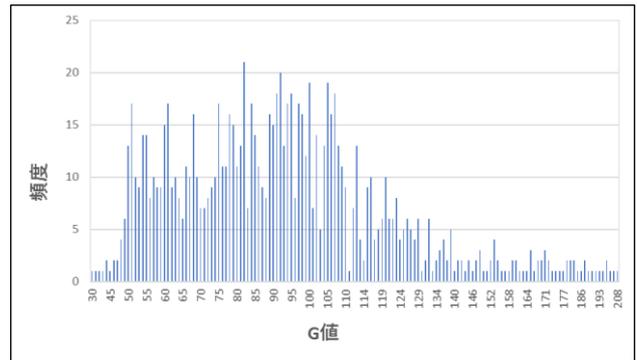


図-4 建物の被害のある箇所のG値

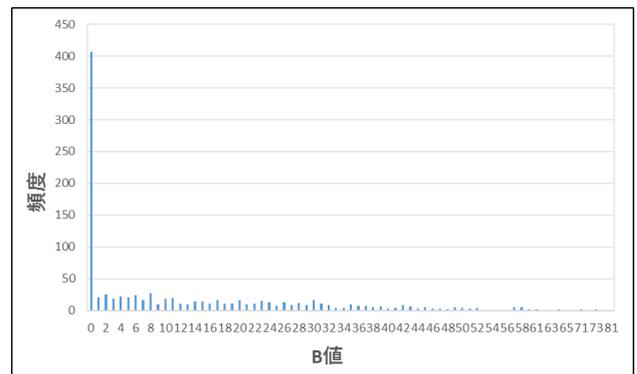


図-5 建物の被害のある箇所のB値

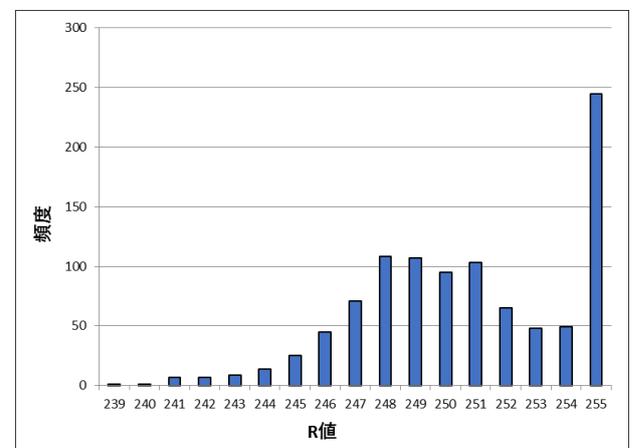


図-6 建物の被害のない箇所のR値

8)は値が分散している。

この分析で得られた被害箇所 RGB 値の平均値 R245, G93, B12 を、被害箇所を検出する際の基準値として用いる。

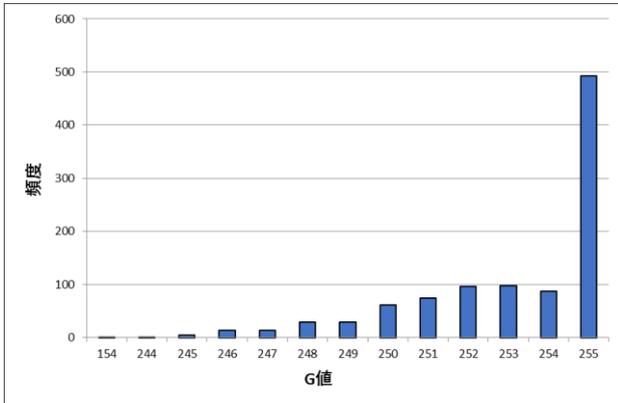


図-7 建物の被害のない箇所のG値

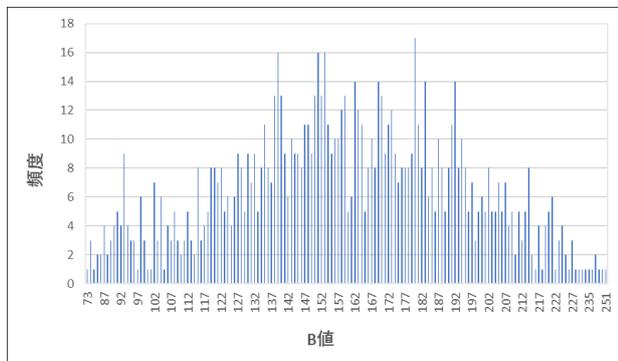


図-8 建物の被害のない箇所のB値

(3) 許容量の選定

許容量とは、被害箇所のRGB値の基準値からどれだけ離れたRGB値を持ったピクセルを許容して選択するかを決める値である。許容量を小さい値に設定するとカラーの対象範囲が狭まり、大きい値にすると対象反映が広がる。例えば、RGB値をR100, G100, B100とし、許容量を100とすると、対象範囲は $R100 \pm \alpha$, $G100 \pm \gamma$, $B100 \pm \beta$, $|\alpha|+|\gamma|+|\beta| \leq 100$ のRGB値をもつピクセルである。許容量を決定する際、図-2に示した建物の赤外線映像を用いた。

基準値をR245, G93, B13に設定し、許容量を100~200まで10ずつ変化させたときの被害箇所の検出結果を図-9,10,11,12に示す。変化させた結果、許容量170以降から被害箇所の切り取りにあまり変化が見られないこと、被害のない部分が切り取られてしまっていることから、許容量の設定は170とする。

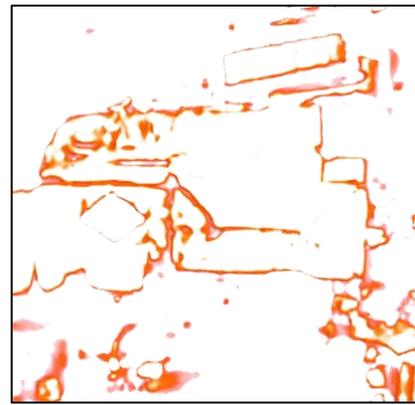


図-9 R245,G93,B13, 許容量100で被害箇所を切り取ったもの



図-10 R245,G93,B13, 許容量150で被害箇所を切り取ったもの



図-11 R245,G93,B13, 許容量170で被害箇所を切り取ったもの



図-12 R245,G93,B13, 許容量200で被害箇所を切り取ったもの

5. 被害箇所の把握・結果

(1) 被害箇所の切り取り手法

被害のある建物の被害箇所を切り取る手法は、被害のある建物の画像をPhotoshopに取り込み、色調補正の色の置き換えで基準となるRGB値を設定、許容値を0にし、明度を+100にすると設定したRGB値と同じRGB値を持ったピクセルが白くなる。許容値0で1ピクセルも変化しない場合、許容値を大きくして設定したRGB値に近いRGB値のピクセルを選択する。ピクセルを特定したら元の色に戻して、スポイトツールを使ってそのピクセルのRGB値を読み取る。そして、範囲選択の色域指定でその読み取ったRGB値を基準にどれだけ基準値から離れたピクセルをどれだけ許容して選択するかを許容量で調整する。範囲選択したら切り取り、被害箇所を把握できているか確認する。

今回、基準となるRGB値と許容量は4。(2),(3)で選定したRGB値 (R245, G93, B12) と許容量170も用いた。ただし、今回対象とした建物(図-1)の画像には同じRGB値を持つピクセルがなかったので、R245, G93, B13のピクセルを用いることにした。

(2) 結果

(1)に示した手法で被害箇所の切り取りを行った結果を図-13に示す。

平均値を基準値に用いると、図-13から被害箇所が切り取れているが切り取れているのがわかる。しかし、温度が似通っている他の部分も切り取れている。



図-13 R245,G93,B13, 許容量170で被害箇所を切り取ったもの

6. まとめと今後の展望

平成28年熊本地震で被害を受けた益城町において、2016年4月30日に赤外線カメラを搭載した小型無人機(UAV)で被災した建物の撮影を行った。

赤外線カメラで人物を特定することや機械の故障部位を特定するように、建物の被害箇所を特定することは可能であるかを論じてきた。Photoshopで屋根の被害の検出を試みた結果、検出は可能であった。

今後は、より多くの被災建物を対象とし、どの建物の被害箇所も検出可能な一般的なRGB値と許容量を選定することを目指す。

参考文献

- 1) 気象庁 HP : http://www.jma.go.jp/jp/quake/quake_local_index.html
- 2) 高敏, 高橋大介, 岡本教佳: Xtion による重なりを考慮した人物検出, 映像情報メディア学会技術報告 39(8), pp35-36, 2015
- 3) 吉井一郎: 赤外線ロックインサーモグラフィを用いた電子機器・部品の故障箇所特定手法(熱を検知することで故障箇所を特定する技術), 日本信頼性学会誌: 信頼性 37(6), pp322-330, 2015

DEVELOPMENT OF NEW HAZARD MAP AFTER THE DISASTER USING UNMANNED AERIAL VEHICLE

Yuki MATSUOKA, Makoto FUJII, Junich TAKAYAMA
Syoichiro NAKAYAMA, Shinya SUDA, Hiroki SAKAGUTI

Hazard map before the disaster is present, but creating a hazard map immediately after the disaster for the purpose that the suppression of secondary disasters caused by aftershocks has never been done so far. However it became clear that there is high need for hazard map immediately after the disaster by lengthy delays of emergency risk assessment and repeated aftershocks in 2016 Kumamoto earthquake. For example, the building had been the collapse on the verge collapsed by aftershocks, hinder traffic caused a road blockage, and a victim into stricken house became trapped under that collapsed. Such cases not a few. As

described above, there is a need to create a hazard map immediately after the disaster in order to suppress the secondary disaster.

In this study, it is rapidly to identify and grasp the damage point from the video taking a disaster area in the unmanned aerial vehicle (UAV) of the visible light camera and infrared camera. And it is creating hazard map to using the video.