

赤外線カメラを用いた地震発生直後の建物被害自動検出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:fujiiu@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: fujiiu@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性がある。

そこで、本研究では赤外線カメラを搭載した小型無人機で被災家屋を撮影し、その映像から被害の自動検出を行い、災害直後のハザードマップ 作成を目指す。

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 次的被害が起こりうるため、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、本研究では赤外線カメラの映像から災害発生直後の建物被害を検出し、それを用いてハザードマップの作成を目指す。本稿では赤外線カメラの映像から被害の検出について論じる。

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はない。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

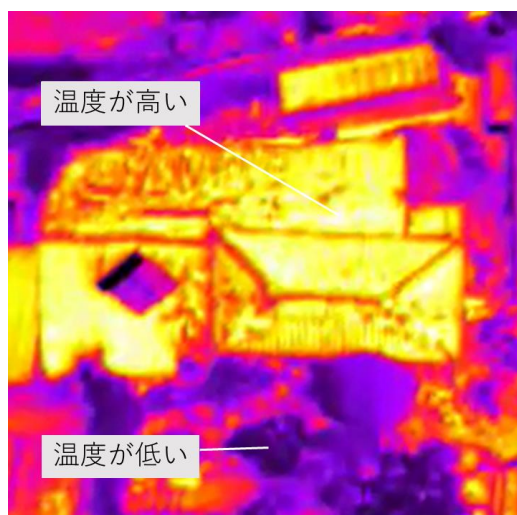


図-2 本研究で実験対象とした建物の
赤外線カメラでの写真

4. 建物被害の自動検出システムの開発

(1) システム開発までのフロー

建物被害の自動検出システム開発までのフロー図を示す(図-3)。第1段階の赤外線カメラを搭載した小型無人機(UAV)を用いて上空からの被災家屋の撮影は、本稿の3.で示した通り、2016年4月30日に完了している。

第二段階では、屋根の被害箇所を検出する際に、赤外線カメラを用いていることで被害箇所が色により検出が可能であると考えられるため、被害箇所のRGB値を調

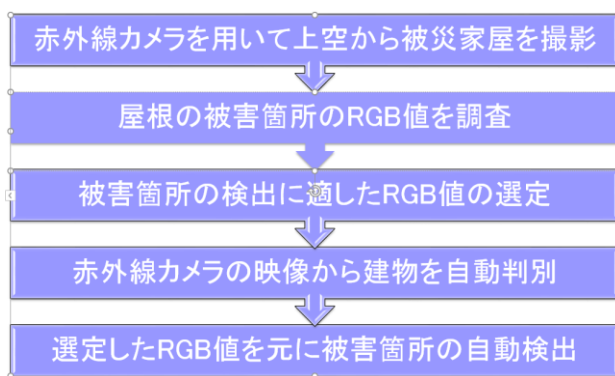


図-3 建物被害の自動検出システム開発までのフロー図

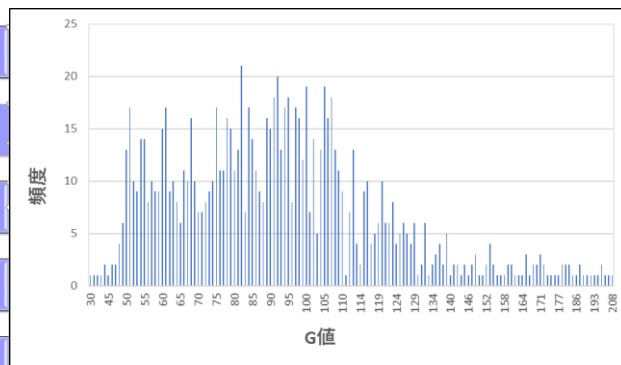


図-4 建物の被害のある箇所の G 値

査する。

第三段階では、第二段階で得られた RGB 値の情報から被害箇所の検出に適した RGB 値の選定を行う。

第四段階では、建物被害検出自動化に向けて、赤外線カメラの映像から建物の被害を自動で検出する前に、映像から建物を検出することが必要である。その作業も自動で行えるようにする。

最後の第五段階では、第四段階で建物の自動判別が可能になり、第三段階で得られた被害検出に適した RGB 値を用いて、建物の被害箇所の自動検出を行う。

本稿では、第三段階の被害箇所に適した RGB 値の選定までを論ずる。

(2) 被害箇所の RGB 値

前述した通り、屋根の被害箇所を検出する際に、赤外線カメラを用いていることで被害箇所が色により検出が可能であると考えられるため、被害箇所の RGB 値を調査する。その方法として、RGB 値を調べるために Photoshop に被害のある建物の画像を取り込み、被害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-4, 5, 6 示す。

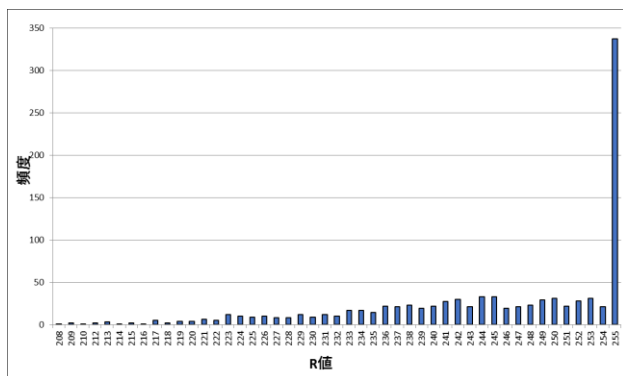


図-3 建物被害箇所の R 値

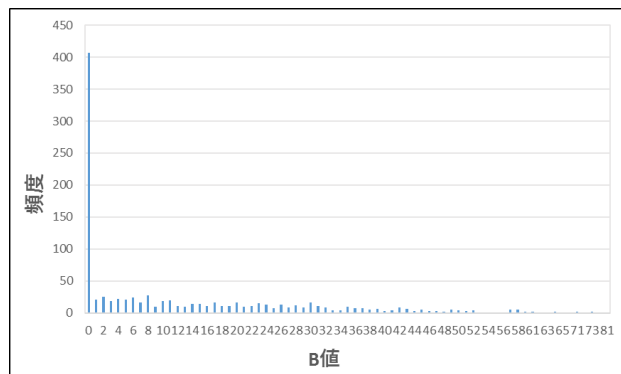


図-5 建物の被害のある箇所の B 値

それぞれの特徴として、R値において①255が頻出、②200を下回ることはない、③R値の平均値は245.1490。G値において①平均値は93.7120、②振幅は大きい、平均値まわりで頻度が高い。B値において①B値は0が突出している。②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。③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。④平均値は12.4830。

この分析で得られた被害箇所のRGB値の平均値R245、G93、B12を、被害箇所を検出する際の1つの基準値として用いる。

(3) 被害箇所の検出に適した RGB 値の選定

被害箇所の検出方法は、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、被害箇所を検出できているか確認する。

今回、基準となるRGB値は、4.(2)で得られたRGB値の平均値（R245, G93, B12），G値が高いRGB値として（R235,G135,B0），B値が高いRGB値として（R255,G30,B90）の3つを設定した。許容量は170を用いた。ただし、今回対象とした建物（図-1）の画像には平均値と同じRGB値を持つピクセルがなかったので、平均値を基準とする場合のみ（R245, G93, B13）のピクセルを用いることにした。

それぞれの値を用いて被害箇所を切り取った結果を図-6,7,8に示す。



図-6 被害箇所のRGB値の平均値を基準値として被害箇所を切り取った

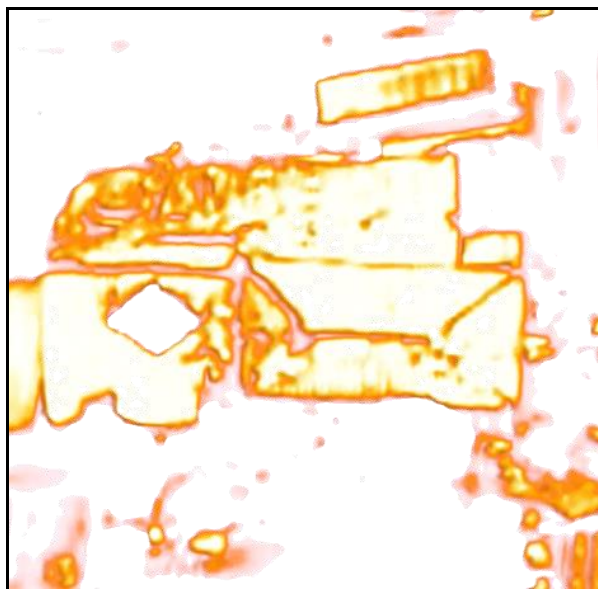


図-7 （R235,G135,B0）を基準として被害箇所を切り取った



図-8 （R255,G30,B90）を基準として被害箇所を切り取った

図-1,6,7を比較すると、（R245, G93, B13）と（R235,G135,B0）のどちらを基準値にしても被害の切り取りはできているが、図-6の方が瓦の落ちている被害箇所を適切に切り取れている印象を受ける。図-8のB値の高いRGB値を基準に設定して切り取ったものは被害箇所をほとんど切り取ることができなかった。しかし、建物の輪郭が他の基準値よりもはっきりと切り取れていることから、建物被害の自動検出システム開発までのフローの第四段階である赤外線カメラの映像から建物を自動判別するという作業で、このB値が高いRGB値（R255,G30,B90）を用いることは可能であると考えられる。

3つの基準値を用いて被害検出を行った結果、被害箇所のRGB値の平均値である（R245, G93, B12）が被害箇所の検出に適したRGB値と言える。

5. 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し、さらにそれを自動化させることへのフローとその進展状況について論じてきた。Photoshopで屋根の被害の検出は可能であり、その適切な値を選出し、さらにその過程において次の段階の糸口を発見することができた。

今後は、自動化へ向け、建物の自動判別を目指す。

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

BASIC ANALYSIS OF OUT DETECTION OF BUILDING DAMAGE AFTER THE EARTHQUAKE USING INFRARED CAMERA

Yuki MATSUOKA, Makoto FUJIU, Junichi 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 to take the video of building damage using the unmanned aerial vehicle (UAV) with the infrared camera. And it is automatically to detect building damage from the video and creating hazard map after the disaster.