

ドローンを用いた災害時における雨水集水面の被害状況調査手法の検討

近藤 晶^{*1}, 笠井 利浩^{*2}, 木森 義隆^{*3}

A Study of Damage Survey Methodology for Rainwater Harvesting Surfaces Using Drones during Disasters

Sho KONDO^{*1}, Toshihiro KASAI^{*2} and Yoshitaka KIMORI^{*3}^{*1} Faculty of Environmental and Information Sciences, Department of Design

Akashima Island, located in Goto City, Nagasaki Prefecture, is a small island with no running water and 16 inhabitants surviving on rainwater. This island has been the focus of our work since 2017. Notably, typhoons No. 9 and No. 10 passed consecutively near this island in early September 2020. In this study, we used aerial drone images captured before and after the typhoons passed to obtain differential information and verify whether these images could be used as part of a simple damage assessment method. Our results did not show significant differences in terms of visual damage. However, as the detection accuracy was not high, further image processing was performed to obtain results exhibiting potential for improving the accuracy.

Key Words : Drone, Image Analysis, Rainwater Harvesting

1. はじめに

長崎県五島市にある赤島では12世帯16名の島民が暮らしている。島内には水道はなく、家屋や倉庫などの屋根面から集めた雨水を貯留し生活用水として利用している。この赤島の近くを2020年9月上旬に台風9号と10号が相次いで通過した。この結果、赤島の古い瓦葺き家屋では瓦の飛散や、屋根下地の破損などの被害が発生した。

前述の通り雨水を生活用水として利用している赤島において屋根の被害は円滑な日常生活に大きく関わる。このことから2017年から赤島で活動を行っている著者らは9月11～15日の5日間、赤島に入り台風の被害確認と復旧作業を行った。本稿ではその一環として行ったドローンを用いた簡易的な屋根面の調査方法について報告するものである。

2. 台風9・10号概要

本章では赤島に被害をもたらした台風9・10号の概要について述べる。

2.1 台風9号

台風9号は8月28日にフィリピンの東海上で発生し、ピーク時には935hPa、最大瞬間風速50m/sであった⁽¹⁾。この台風は9月2日から3日にかけて長崎県五島市の西側を通過した(Fig.1)。

赤島に最も近い気象庁の観測地点である福江上大津(赤島から約10km地点)の気象データによると9月2日に最大瞬間風速44.8m/s、最大降水量12.5mm/hを記録している⁽²⁾。

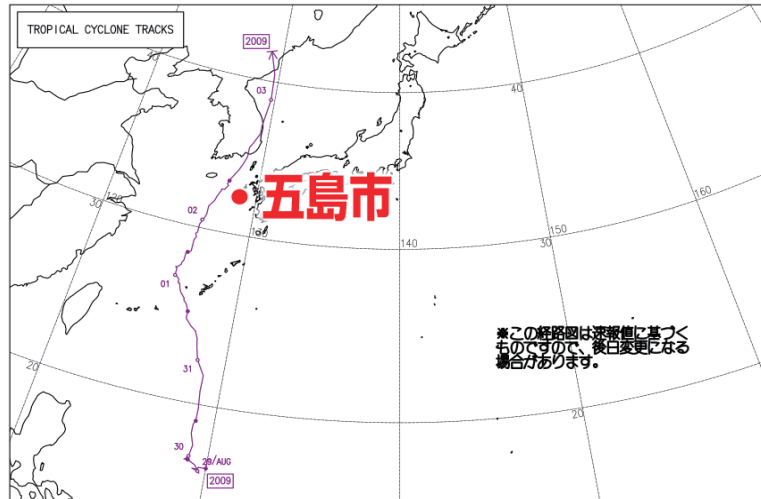
* 原稿受付 2021年4月23日

^{*1} 環境情報学部 デザイン学科

^{*2} 環境情報学部 環境食品応用化学科

^{*3} 環境情報学部 経営情報学科

E-mail: sho-kondo@fukui-ut.ac.jp

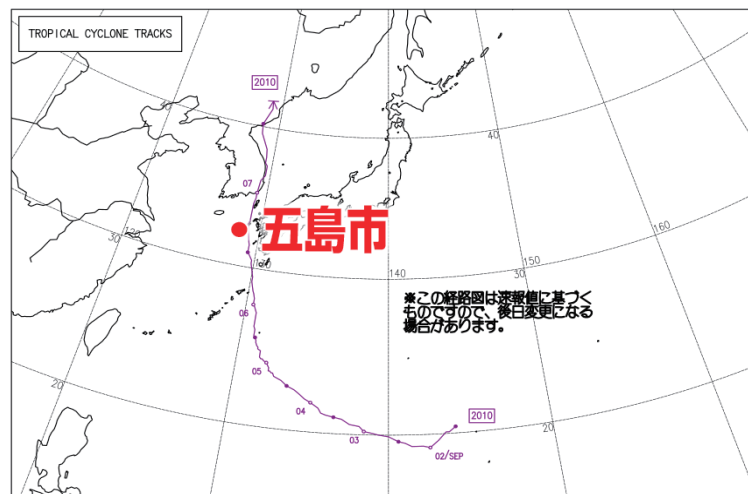


気象庁「台風経路図 2020 年」 (<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/typhoon/T2009.png>)を加工して作成

Fig.1 The Course of Typhoon No. 9

2.2 台風 10 号

台風 10 号は 9 月 1 日に小笠原近海で発生し、ピーク時には 920hPa, 最大瞬間風速は 50m/s であった⁽³⁾。この台風は 9 月 6 日から 7 日にかけて長崎県五島市のほぼ真上を通過した(Fig.2)。



気象庁「台風経路図 2020 年」 (<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/typhoon/T2010.png>)を加工して作成

Fig. 2 The Course of Typhoon No. 10

赤島に最も近い気象庁の観測地点である福江の気象データによると 9 月 7 日に瞬間最大風速 35.5m/s, 最大降水量 81.5mm/h を記録している⁽²⁾。

3. 調査方法

著者は 2017 年に赤島においてドローンによる島内全域の撮影を行った。その際の撮影方法は島を東, 中央, 西のエリアに分け DJI 社製 Phantom4 と制御アプリ GS Pro を用い上空からオーバーラップ, サイドラップ共に 70% で撮影した。撮影時の露出は自動, カラーモードは DLog とした(後日 LUT を用いて sRGB に変換)。この撮影作業を 2017 年 8 月 22, 23, 25 日の 3 日間に渡って行った結果, 島内全域をカバーする空間解像度約 8cm/px, 257 枚の写真を得ることができた。

同様の撮影方法で2020年9月12日にも島内全域を撮影し、270枚の写真を得ることができた。

この写真の中から家屋が写っている画像を取り出し、2017年と2019年で差分画像を作成し、被害状況を確認した。

4. 調査結果

比較に用いた画像はFig.3の2枚である。



Fig.3 Images used for comparison (left: taken in 2017, right: taken in 2020)

4.1 差分取得の検証

最初にこの2枚の画像の比較が有効であるかを検証する。M邸は2017年の撮影時には居住しておらず、屋根面に何も乗っていないが、2019年より居住し、2020年の撮影時には屋根面に風対策として石を乗せている。この石は空撮画像でも確認できることから、2枚の画像の差分が正しく取れているかの指標として用いることとした。M邸の屋根面の比較画像はFig.4の通りである。

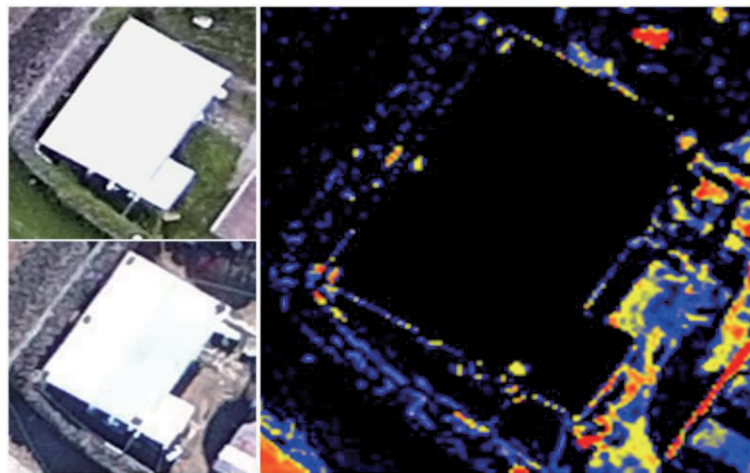


Fig.4 The roof of the House M (top left: taken in 2017, bottom left: taken in 2020, right: differential image)

Fig.4では視認を容易にするため、256段階の差分情報を上限-33%、下限+17%、合計50%圧縮している。この図より屋根面に乗せられた石の形状が差分画像で確認でき、この2枚の画像を用いて差分画像を取得することが有効であると確認できた。

4.2 被害家屋の屋根面

屋根面の比較のなかで、最も被害の大きかった3軒の比較画像について特に述べる(Fig.3中A, B, C)。

家屋 A は島内の奥まったところに位置しているうえ、家屋東側には樹木が繁茂しているため、一部のみ目視で屋根面を確認できた。住民に被害状況の聞き取りを行ったところ、瓦約 40 枚が飛散し、屋内への雨漏り、雨樋の脱落、停電などの被害が発生していた。ドローンによる撮影の時点ですでに住人自身による瓦の修復作業が部分的に行われていたが Fig.5 の通り色の異なる新しい瓦のため差分画像でも被害箇所を確認することができる。

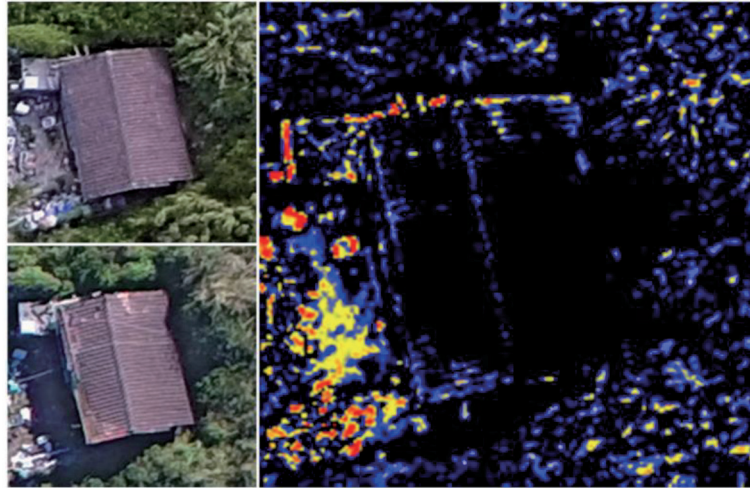


Fig.5 The roof of the House A (top left: taken in 2017, bottom left: taken in 2020, right: differential image)

家屋 B は住民が昨年より退去し空き家となっている。そのため、修繕などは行われず内部の被害状況も不明であった。地上から概観を確認する限りでは縁の瓦が落ち、屋根下地が破損していることは判明していたが、道の反対側にあたる南東側など地上から確認できない箇所の状況は不明であった。

しかし、家屋 B の空撮画像では被害状況が明確に判別でき、差分画像では瓦の経年劣化と被害が読み取れる (Fig.6)。

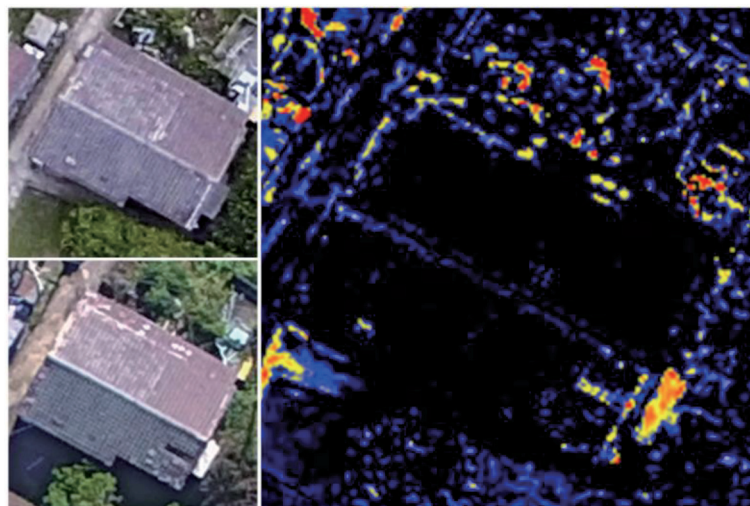


Fig.6 The roof of the House B (top left: taken in 2017, bottom left: taken in 2020, right: differential image)

家屋 C は居住しているものの、住人が高齢で修繕する体力がないことから、被害を受けた状態かつ屋内の被害状況を把握することができた。また、風対策のために家屋の高さも低く、周囲は比較的開けているため、目視による屋根面の確認も容易であった。主な被害は瓦が飛散し屋根下地は破損、雨漏りによって畳や絨毯が濡れ、さらに飛散した海水も交じり床に塩が浮くなど悲惨な状況であった。

この家屋は屋根面の被害だけでなく、雨樋の被害も他の被害家屋に比べて多いという被害の特徴が挙げられる。これらの被害は差分画像でも判別できる (Fig.7)。

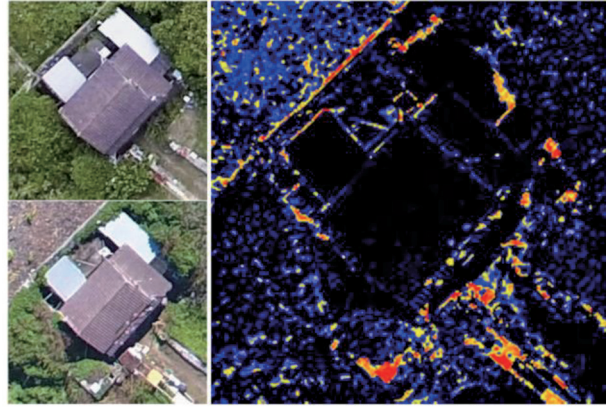


Fig.7 The roof of the House C (top left: taken in 2017, bottom left: taken in 2020, right: differential image)

4.3 画像処理自動化の検討

上記の差分取得による被害箇所の確認では自動航行自動撮影により屋根直上から撮影できずレンズのパーズ効果により歪みが生じること、天候や経年変化などに起因する輝度変化まで検出してしまうことから高い精度を得られなかった。

このことから家屋 B の空撮画像に対し画像の変位場の計測に基づいて画像平面を B-spline 曲面として変形し、両画像を一致させる手法⁽⁴⁾を用いてレジストレーションを行った(Fig.8)。

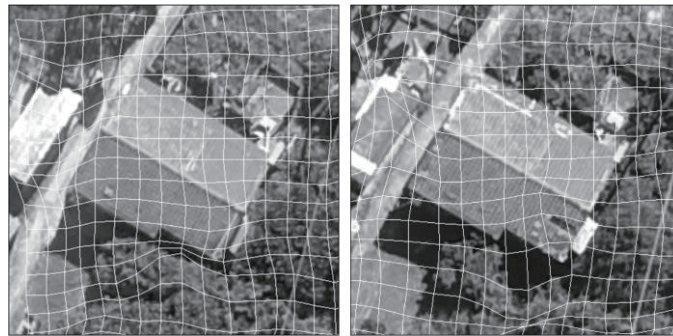


Fig.8 Registration of the image pair (House B in 1997 and 2001).

さらに、Mathematical morphology に基づく、微細構造特徴の抽出フィルタ⁽⁵⁾によって瓦一枚レベルで画像を強調するとともに、輝度の変動をキャンセルするように規格化を行った。

この結果、Fig.9 の結果を得ることができた。



Fig.9 Resultant image with detection of damaged regions.

5. 考察

簡易的な屋根面の調査方法について検証を行った結果、単純な差分取得では差分のしきい値を 50%圧縮する必要があるなど、高い精度の結果を得ることは難しいことが明らかになった。これは天候や経年変化による輝度変化まで検出することや、レンズ収差やローリングシャッターによる画像の歪み、などが原因と考えられる。また、2017 年と 2020 年では撮影設定を全く同じにしているにも関わらず、合計撮影枚数が 13 枚増えていることからアプリのアップデート等で全く同じ経路、同じ撮影位置となっていないことが考えられる。このことから歪みを補正する画像処理をさらに施すことにより精度向上に期待が持てる結果が得られた。

おわりに

空撮による屋根や設備の点検は民間でも広く行われているが、ドローンを家屋近くで飛行させて行われる事が多い。この場合高い空間解像度が得られることや操縦端末に送られてくるリアルタイム画像で直接確認できるなどのメリットは有るものの、家屋への衝突リスクが高まること、災害など調査対象家屋が多いと非常に煩雑となることなどのデメリットが考えられる。今回行った手法では自動航行自動撮影で広範囲を一度に撮影できることから飛行作業の省力化や衝突リスクの軽減が期待できる。一方で、台風による被害を撮影時期の異なる家屋の画像の差分演算により求めたが、それによる残差が台風被害に由来するものであるかどうかは、今後検証していく必要がある。実地被害調査を行い、その結果と画像処理結果を照らし合わせるなどし、より信頼性の高い被害確認システムの構築をめざす。本システムにより、屋根面上での高所作業の転落リスクの低減をはかりつつ台風等による家屋屋根の点検が安全かつ簡単に行える。また、雨水利用における貯留雨水の水質向上の要となる集水面の状態を清浄に保つ面でも大きな貢献が期待される。

参考文献

- (1) 気象庁, 2020 年台風 9 号 MAYSAK(2009)位置表(速報値), 閲覧日 2020-10-15, <https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/typhoon/T2009.pdf>
- (2) 気象庁, 過去の気象データ検索, 閲覧日 2020-10-15, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- (3) 気象庁, 2020 年台風 10 号 HAISHEN(2010)位置表(速報値), 閲覧日 2020-10-15, <https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/typhoon/T2010.pdf>
- (4) C.Ó. Sánchez Sorzano, P. Thévenaz, M. Unser, “Elastic Registration of Biological Images Using Vector-Spline Regularization,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 52, no. 4 (2005), pp. 652-663
- (5) Y. Kimori, “Mathematical morphology-based approach to the enhancement of morphological features in medical images,” *Journal of clinical bioinformatics* 1, 33 (2011)

(2021 年 9 月 13 日受理)