

光学衛星画像を用いた令和元年房総半島台風による屋根被害の検討

千葉大学 正会員 ○リュウ・ウェン
千葉大学 正会員 丸山 喜久

1. はじめに

2019年9月9日に関東地方に上陸した令和元年房総半島台風は、50m/s以上の最大瞬間風速が観測され、千葉県を中心に甚大な被害を出した。千葉県内では、409棟の建物が全壊し、7万棟以上の住家が一部損壊以上の被害を受けた¹⁾。衛星画像や航空写真などのリモートセンシングデータは上空から広域を観測できるため、台風による屋根損傷の検出に有効である。本研究では、台風通過前後のPleiades衛星光学画像を用いて、千葉県鋸南町、南房総市と館山市における屋根被害の把握を行った。また、屋根の損傷率と最大瞬間風速の関係を分析し、台風による屋根の被害関数を構築した。

2. 対象地域と使用する衛星画像

屋根被害検出の対象地域を図1(a)に示す。使用したPleiades画像は、2018年3月2日と2019年10月13日（台風通過34日）に撮影したものである。衛星画像は0.5m解像度の4バンドに合成され、簡易オルソ化処理が行われていた。事後画像を基準に、事前画像の位置合わせを行ったが、撮影時の観測角度が異なっていたため、同一建物の事前・事後画像における位置にズレが生じている。鋸南町保田漁港における事前・事後画像の一部拡大図を図2(a)に示す。位置合わせを行っても、事前・事後画像を用いた直接の比較は困難である。

建物屋根の形状を把握するために、OpenStreetMap²⁾が公開した建物の輪郭データを使用した。ビニルハウスなど建築物以外のものを除いて、鋸南町の5,374棟、南房総市の30,632棟、館山市の37,025棟の建物が対象範囲内にあった。しかし、建物の輪郭データは事前・事後のPleiades画像上の建物と一致しない部分が多かった。そこで、建物ごとの被害判定ではなく、100mメッシュごとに屋根の損傷率を算出した。100mメッシュは3次メッシュの1/10細分区画を利用した。対象範囲内に、建物が存在するメッシュ数は計7,109である。

3. 屋根損傷率の検出

罹災証明発行³⁾する際、屋根の損傷率は損傷屋根面積の割合と損傷程度から算出される。しかし、事後画像は台風通過1ヶ月以上経過したあとに撮影さ

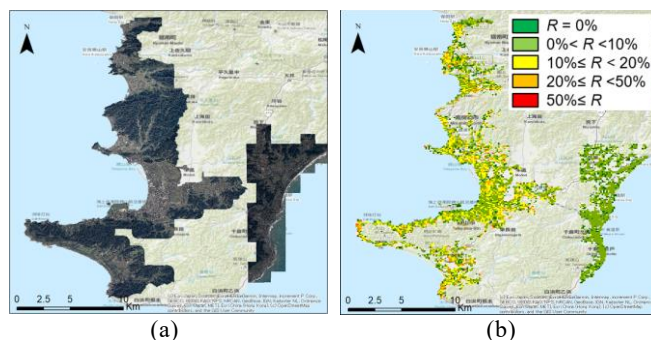


図1 Pleiades衛星画像を用いた屋根被害検出の対象範囲(a)と青屋根の抽出により算出された100mメッシュごとの屋根損傷率(b)

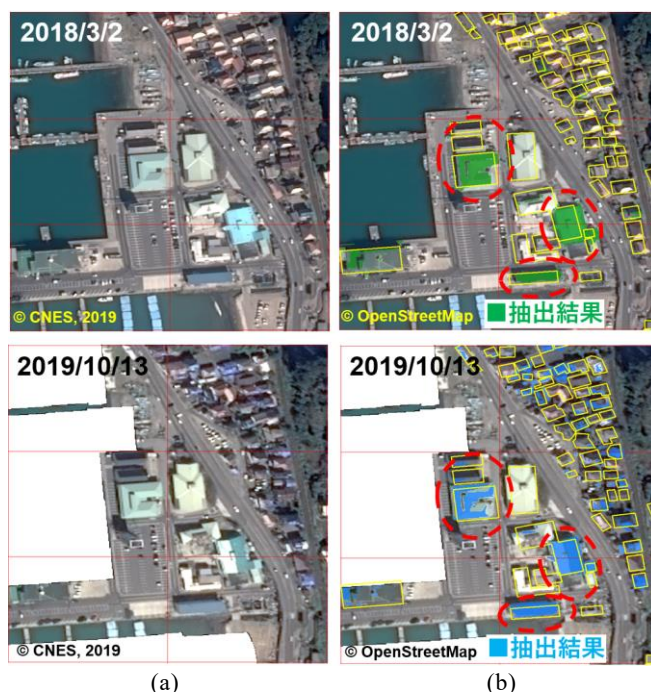


図2 鋸南町の一部拡大衛星画像(a)と抽出された青屋根(b); 黄色枠は建物輪郭を示す。

れたため、多くの損傷部がブルーシートに覆われて、損傷程度の判定は困難である。台風前後の衛星画像から青と赤バンドの演算($DN_B - DN_R$)よりそれぞれから青屋根を抽出し、台風後の抽出結果から台風前の抽出結果を除いたものをブルーシートとし、屋根損傷率の算出に使用した。また、建物周辺5m以内の抽出結果のみ有効とした。

青屋根の抽出に用いる閾値を決定するために、図3(a)に示す10月15日に撮影したUAV空撮画像を用いた。2cm解像度のUAV空撮画像からブルーシートを目視判読し、正解の面積を算出した。同地域の

キーワード Pleiades衛星画像, 令和元年房総半島台風, 屋根損傷率, 最大瞬間風速

連絡先 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33 千葉大学大学院工学研究院 TEL: 043-290-3557

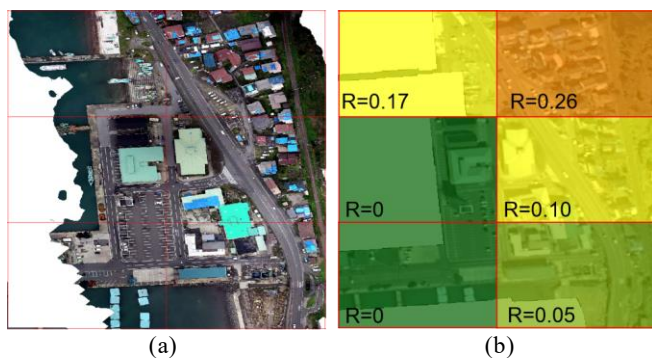


図3 2019年10月15日に鋸南町の一部を撮影した UAV 空撮画像(a); 算出されたメッシュごとの屋根損傷率(b)

事後画像の閾値を 200 から 300 まで 10 刻みで変化させ、青屋根を抽出した。図 2(b)の赤点線で囲まれたブルーシートなしの 3 つの青屋根を基準とし、事後画像の抽出結果と同面積になるように事前画像の閾値を決定した。事後画像の抽出面積から事前画像の抽出面積を引き、正解の面積に最も近い閾値の組み合わせを使用した。その結果、事前画像の閾値が 250、事後画像が 220 の時、抽出されたブルーシートの面積が正解と最も近かったため、閾値とした。抽出された台風前後の青屋根の例を図 2(b)に示す。1 メッシュ内における台風後に増えた青屋根の総面積の全建物輪郭から得られた総屋根面積に対する割合を屋根損傷率とする。図 2 から算出された屋根損傷率を図 3(b)に示す。左上のメッシュでは建物の少なかったため、やや過大評価となった。その他のメッシュは目視判読に近い結果が得られた。対象地域全体から算出した屋根損傷率を図 1(b)に示す。台風の進路に近い西海岸では損傷率 10%以上のメッシュが多く存在し、東海岸ではほぼ損傷率が 0 であった。

4. 屋根の被害関数の構築

台風の千葉県通過前から通過後までの強風時間帯における最大瞬間風速と前章で得られた屋根損傷率を用いて、屋根の被害関数を構築した。最大瞬間風速は、国立研究開発法人防災科学技術研究所がアメダスや国交省 MP レーダおよび独自に観測したデータをもとに、数値気象モデルで再現計算した風速の 10 分ごとデータである。風速が最も強い 9 日 2-4 時における各メッシュの最大瞬間風速を使用した。対象地域では最大瞬間風速が 32m/s～65m/s であった。風速ごとにおける屋根損傷率の分布を図 4 に示す。

全メッシュを最大瞬間風速順に 20 区分に分け、1 区分に 355 か 356 メッシュが含まれるように設定した。区分ごとの代表最大瞬間風速はメッシュ数による重みつき平均により求めた。ある最大瞬間風速の値 x のときに屋根損傷率 R が発生する確率 $PR(x)$ は、

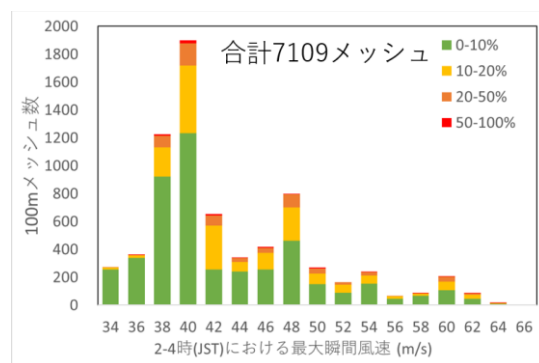


図4 最大瞬間風速ごとにおける屋根損傷率のメッシュ数分布

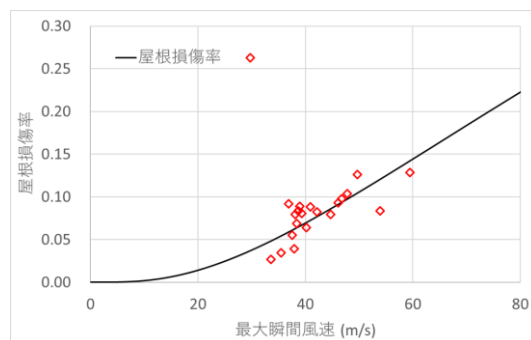


図5 台風における屋根の被害関数

標準正規分布の累積確率分布関数 $\Phi(x)$ を用いて、以下の対数正規分布で表せるものと仮定した。ここで、 $x = \ln S_w$ は最大瞬間風速の自然対数である。

$$PR(\ln S_w) = \Phi((\ln S_w - \lambda_{sw}) / \zeta_{sw})$$

係数 λ, ζ は、 $\ln S_w$ の平均値および標準偏差であり、確率紙を用いた最小二乗法により求めた。得られた被害関数の回帰係数は、 $\lambda=5.12$ 、 $\zeta=0.97$ である。相関係数は 0.73 であり、高い相関を示している。構築された被害関数を図 5 に示す。

5. まとめ

本研究では台風前後の Pleiades 衛星光学画像を用いて、千葉県における屋根の損傷率を算出した。また、最大瞬間風速と屋根損傷率を用いた回帰解析を行い、風害による屋根の被害関数を構築した。最大瞬間風速が 38m/s～50m/s に集中し、低風速域における信頼性が低い恐れがある。今後では 20m/s 風速域帯のデータを追加し、被害関数の改善を試みる。

謝辞：本研究に使用した Pleiades データは Centre national d'études spatiales が有するものである。建物輪郭データは OpenStreetMap が有するものである。

参考文献

- 1) 千葉県防災危機管理部：令和元年台風 15 号（第 119 報）及び台風 19 号（第 62 報）について、2020.3.
- 2) OpenStreetMap:
https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features
- 3) 内閣府：災害に係る住家の被害認定基準運用指針，
http://www.bousai.go.jp/taisaku/pdf/h3003shishin_4.pdf, 2019.3.