

H-21

高分解能衛星画像によるテクスチャ解析を用いた令和6年能登半島地震の復旧建物の評価

Evaluation of building restoration after the 2024 Noto Peninsula earthquake
using texture analysis of high-resolution satellite images○鈴木健¹, 園部雅史², 羽柴秀樹²Takeru Suzuki¹, Masashi Sonobe², Hideki Hashiba²

Abstract : In recent years, as natural disasters have become more severe, there has been a growing need for quick and accurate damage assessment and recovery monitoring. Remote sensing technology using satellite imagery is proving to be increasingly effective, especially for the widespread disasters that have recently occurred in Japan. This study focused on Wajima City, which was severely damaged by the 2024 Noto Peninsula Earthquake. The effectiveness of texture analysis for assessing debris removal in Wajima City, following the 2024 Noto Peninsula Earthquake, was investigated in this study. Dissimilarity and a 15×15 pixel window size proved highly effective.

1. はじめに

近年、広範囲かつ同時多発的に及ぶ災害が頻発しており、広範囲に地表面を把握できる衛星画像を用いたリモートセンシング技術の有効性が高まっている。令和6年1月1日、石川県能登地方を震源とするM7.6の災害では、志賀町と輪島市で震度7を記録した。輪島市では地震による建物の倒壊・損壊に加えて、市街地の火災による複合災害が発生し、建物被害の数は約10,000戸と甚大な被害となった¹⁾。これまでに現地調査や災害直後の建物崩壊の抽出、SAR衛星を活用した被害範囲の特定などが行われている²⁾。一方で地震発生から1年が経過した2025年1月時点でも、倒壊建物の瓦礫が残存しており行政による最適な復旧計画の立案のために適切なモニタリングが必要と考えられる。本研究では復旧された建物は「崩壊した建物が完全に撤去が撤去され、整地された状態」と定義し、災害直後と1年後の衛星画像を用いたテクスチャ解析を行い復旧建物や瓦礫が残存する箇所の指標の特性について整理し、復旧建物の検出のために有効な指標とウィンドウサイズを検討した。

2. 対象領域と使用データ

対象領域を Fig. 1 に示す。本研究では、被災した建物の復旧状況を評価するために Worldview-2(災害直後:2024/1/2)および WorldView Legion(1年後:2025/1/1)衛星画像を使用した。建物の崩壊・復旧状況は衛星画像の目視判読と2025年3月に実施された現地調査により整理した。なお、災害直後の建物被害の状況に関しては現地調査などから得られた既往研究のデータを引用した³⁾。

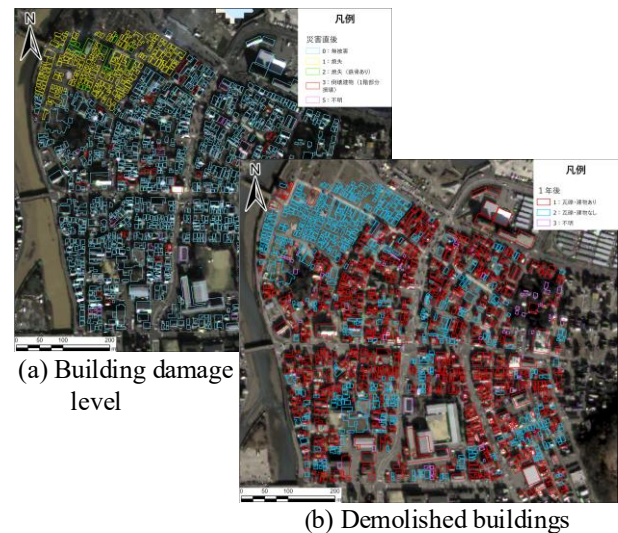


Fig. 1 Classification results of buildings of the research area

3. 研究方法

3. 1 衛星画像の補正

本研究で用いる衛星画像は波長帯が若干異なるため、画素値の補正を行う必要がある⁴⁾。そのため、パンシャープ処理後に複数の土地利用の項目に対し、地表面の状況の変化が少ない複数の箇所を選定し、画素値の平均値を用いて、近似式を求め補正を施した。

3. 2 テクスチャ解析

災害直後は地震によって、建物の崩壊により瓦礫が散乱された状態になり、その後復旧により散乱した瓦礫が撤去され整地された状態となる。これは被災から復旧された建物はテクスチャが乱れる状態から一様に変化したことが考えられる。このことから同時正規行列による3つのテクスチャ指標を利用した。明暗画素の隣接箇所で高い値となる異質度と同画素の密集個所で高い値となる特性をもつ均質性を利用する。

1: 日大理工・学部・土木 2: 日大理工・教員・土木

また、瓦礫の有無により明度が変化するため、平均値も利用した。なお、赤バンドを用いた。ウィンドウサイズは建物の一棟当たりの大きさから 25×25 (25×0.5m=12.5m) ピクセルと瓦礫撤去の有無を調べるために 15×15 (15×0.5m=7.5m) ピクセルの2ケースで作成し、指標特性を把握した。

4. 研究結果

4. 1 各指標の特性の把握

各指標の特徴を把握するため建物ポリゴンによる平均値を算出した。災害直後に倒壊と判定された建物が1年後に撤去された建物と未撤去の統計情報を用いて、算出した結果を Table1 に示す。

Table. 1 Average value for each indicator

建物状態	撤去済		未撤去	
	25×25	15×15	25×25	15×15
WS				
平均値	13.894	13.884	14.401	14.489
異質度	0.974	0.894	0.999	1.003
均質性	-0.179	-0.172	-0.204	-0.206

平均値では瓦礫撤去されたものと瓦礫撤去されていない数値を比較した所、顕著な違いは確認されなかった。各ウィンドウサイズでの撤去済みと未撤去の指標値の差分について、平均値は最大でも4%程度の差であったが、異質度と均質性は15×15ピクセルの場合、約10%の差を示した。この数値の差から異質度と均質性では解析結果を画像表示した時に、色の濃淡によって撤去の有無が確認できると想定される。

4. 2 画像判読による評価

平均値の比較から有効性のあった15×15ピクセルの均質性と異質度の画像を Fig.2 に示す。異質度の解析結果より、災害直後において左側に数値が高く赤色で表示されている箇所が見受けられる。1年後において瓦礫が撤去されたことによって色が緑色に変化している。衛星画像から判読できるように災害直後においては瓦礫が散乱しており、1年後には瓦礫が撤去されて整地されている。同様に均質性について、災害直後は均質性が低く緑で表示されており、1年後は整地されたことによって均一になっているので均質性が上がり、一部分では赤くなっている。どちらの指標に関しても誤抽出は見受けられる。その中でも均質性に関しては誤抽出の範囲が広いことが確認される。よって、瓦礫の撤去の判読において、均質性よりも異質度の方が有効性が高いことがわかった。

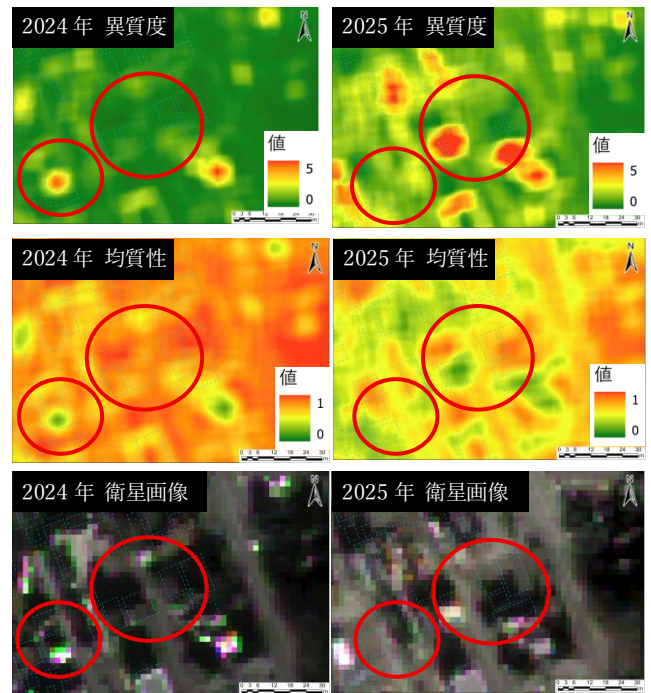


Fig.2 Image of analysis results for 15x15 pixel homogeneity and dissimilarity

5. まとめ

本研究では、令和6年能登半島地震で甚大な被害を受けた輪島市を対象に、テクスチャ解析を用いて瓦礫の撤去状況を調査するために有効性のある指標とウィンドウサイズを検討した。建物ポリゴンによる指標値の検討や判読特性の評価の結果、均質性や平均値と比較して異質度の15×15ピクセルのウィンドウサイズが瓦礫撤去の検出に有効性が高いことが確認された。今後は検討範囲をさらに拡張し、建物復旧過程のモニタリング手法の向上を検討・提案する予定である。

参考文献

[1] 輪島市：令和6年能登半島地震による被害等の状況, <https://www.city.wajima.ishikawa.jp/article/2024033100016/> (最終閲覧日2025年9月19日)

[2] 松岡ら：合成開口レーダ(SAR)衛星から観た2024年1月1日の能登半島地震直後の被災地, 日本リモートセンシング学会誌, 2024, 44巻, 1号, p. 52-57.

[3] Masashi.S, et al. : Characteristics of the texture index of damaged buildings using high-resolution satellite images due to the 2024 Noto Peninsula Earthquake, SPIE 13263, Land Surface and Cryosphere Remote Sensing V, 132630O.

[4] 三浦ら：Soh Hui Chen : 2010年ハイチ地震における被害地域検出のための高分解能衛星画像のテクスチャ解析, 日本地震工学会論文集, 2012, 12巻, 6号, p. 6_2-6_20.