

能登半島地震における Sentinel-2 と Landsat データの超解像処理の適用

日大生産工(院) ○大野 高寛 元日大生産工 杉村俊郎
 日大生産工 野中崇志
 日大生産工 朝香智仁

1. まえがき

衛星画像の利活用は従来より多方面で期待されているが、実用化を妨げる要因の一つに地上分解能の限界がある。これを克服するため、低解像度画像から高解像度画像を生成する試みが行われており、近年では深層学習を用いた単一画像の超解像化手法が多数提案されている。特に、学習済みモデルを用いることで、高精度な超解像処理を容易に実現できる環境が整いつつある¹⁾。

本研究では、Sentinel-2データに対して超解像処理を適用し、地上分解能2.5mの画像を生成した。能登半島地震の被災地域を対象に、超解像処理による効果を分析するとともに、実際の被害状況との比較を通じてその信頼性を検証した。さらに、Landsatデータとの比較を通じて、分解能の違いが解析結果に及ぼす影響についても検討を行った。

2. 使用データと対象領域

使用したデータは、Sentinel-2/MSIで2024年4月14日に観測されたデータと、Landsatで2024年4月22日に観測されたデータである。Fig.1に30m分解能のLandsat画像を、Fig.2に10m分解能のSentinel-2/MSI画像を示す。これらの画像に対して超解像処理を適用し、4倍拡大することで、地上分解能7.5mおよび2.5m相当の画像を生成した。これにより、被災範囲や詳細な被害状況をより明瞭に確認することが可能となった²⁾。

対象地域は輪島市の朝市通り周辺 (Fig.1, Fig.2の赤印) とし、焼失範囲の抽出およびその推定精度について、定性的な分析により検証を行った。Fig.3に令和6年1月10日に消防庁が現地調査に基づき作成した焼き止まり線を示す。

3. 実験方法および測定方法

超解像処理は、CNN (Convolutional Neural Network) の登場を契機として、深層学習を用

いた研究が活発化した。SRCNNやESRGANなどの成果が報告されて以降、現在ではこれらの成果を基に、学習済みモデルを利用した高解像処理が容易に実施できる環境が整っている。筆者らは複数のモデルを用いて衛星画像の高解像化を試みた結果、SwinIRおよびWaifu2x³⁾の2モデルが特に有効であることを確認した⁴⁾。

深層学習を用いた超解像技術の実災害分析への有効性を検証するため、令和6年能登半島地震において発生した輪島市の大規模市街地火災を対象とし、焼失範囲の推定精度を評価した。本研究では、消防庁の調査報告書⁵⁾に示された石川県輪島市河井町の焼け止まり線の周長1, 260 mを基準値として設定した。検証にはSwinIRおよびWaifu2xの二つの超解像モデルを使用し、Sentinel-2画像に適用した。得られた結果画像で焼け止まり線を抽出し、その周長を計測したうえで、正解値と比較することにより、両モデルの推定精度を定量的に評価した。さらに、超解像を適用したSentinel-2画像とLandsat画像の定性的な比較も行った。



Fig.1 能登半島地震後輪島市Landsatデータ

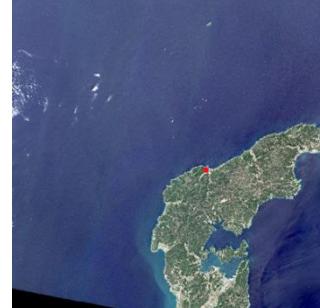


Fig.2 能登半島地震後輪島市sentinel-2/MSIデータ

The Application of super-resolution processing of Sentinel-2 and Landsat data to the Noto Peninsula earthquake

Takahiro OHNO, Toshiro SUGIMURA, Takashi NONAKA and Tomohito ASAKA

4. 実験結果および検討

地震前後の衛星画像を比較し、火災により全焼した輪島朝市市場周辺の焼失範囲について定性的な評価を行った。超解像モデルである SwinIR および Waifu2x を適用した結果 (Fig. 4)、焼失範囲の輪郭がより明瞭に抽出される傾向が確認された。両モデルによって生成された焼失範囲の形状は概ね一致しており、定性的な視覚評価においてモデル間で顕著な差異は認められなかった。

次に、元画像、SwinIR適用画像、および Waifu2x適用画像を対象として、焼失範囲の境界をより定量的に評価するため、エッジ抽出による比較検証を行った。元画像では焼失領域と非焼失領域の境界が不明瞭であり、領域の特定が困難であった。一方、SwinIRおよびWaifu2xを適用した画像では、焼失範囲が明確に分離され、その輪郭を識別することが可能であった。また、SwinIRと比較してWaifu2xでは境界線がより鮮明に表現される傾向が確認された。特にSentinel-2画像では、Waifu2xによる超解像後の焼け止まり線は1279.4mであり、SwinIR の1341.2mよりも消防庁が作成した焼け止まり線(Fig.3)に近く、より高い整合性が得られた。さらに、Landsat画像とSentinel-2画像を比較した。結果、両モデルにおいてLandsat画像は Sentinel-2画像に比べて元の情報保持が不十分であり、焼失範囲の判別が困難であったため周距離は分からなかった。これからSentinel-2画像の空間分解能10 mはLandsat 30 mに比べて高く、この差が焼失範囲の識別精度向上に寄与していると考えられる。またFig.4の(e)、(f)を比べると、(f)は、道路などの輪郭などが確認できるが(e)になると全く見えずWaifu2xが優位であることが分かる。

5.まとめ

本研究では、深層学習による超解像モデル SwinIR および Waifu2x を用いて、Sentinel-2 および Landsat 衛星画像の高解像化を行い、令和6年能登半島地震における輪島市中心部の火災被害範囲を解析した。その結果、超解像処理によっては焼失範囲の輪郭がより明瞭に抽出される。元の画像分解能が高い Sentinel-2 データにおいては、Landsat データと比較してより正確な焼失範囲の推定が可能であった。これらの結果から、深層学習を用いた超解像技術は、災害発生時の高精度な被害把握に有効であることが示唆された今後の課題としては、植生域における適用効果や差異についても考察を進めていく予定である。



Fig.3 輪島朝市市場周辺の焼失範囲

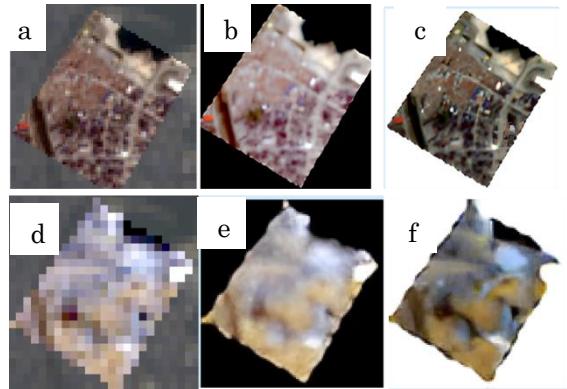


Fig.4 (a)Sentinel-2 元 画像 , (b)sentinel-2 SwinIR, (c) sentinel-2 Waifu2x, (d)Landsat 元 画像 , (e)Landsat SwinIR , (f)Landsat Waifu2x,

参考文献

- 1) 野上, 朝香, 杉村, Sentinel-2/MSI による都内生産緑地の監視について, (一社)日本リモートセンシング学会第74回学術講演会, (2023)
- 2) 大野, 杉村, 野中, 朝香, Sentinel-2/MSI データの超解像処理について, (一社)日本リモートセンシング学会第78回学術講演会論文集, (2025)P111-p112
- 3) nagadomi.(2015).waifu2x:Image Super-Resolution for Anime-Style Art. GitHub.<https://github.com/nagadomi/waifu2x> (参照 2025-09-25)
- 4) 大野, 杉村, 野中, 朝香, ALOS データを利用した超解像処理の効果の確認, 令和 7 年度土木学会全国大会 80 回年次学術講演会, (2025)
- 5) 消防庁, 令和 6 年能登半島地震に伴い石川県輪島市で発生した大規模市街地火災に係る消防庁長官の火災原因調査報告書 (2024)https://www.fdma.go.jp/singi_ken/to/kento/items/post-149/02/shiryou1.pdf (参照2025-09-25)