

# 巨大地震による農地・農業用施設への被害解析と復興戦略の検討

石川県立大学生物資源環境学部

藤原洋一・森丈久・一恩英二・長野峻介

## 1. はじめに

令和6年1月1日に発生した能登半島地震は、最大震度7、地震規模マグニチュード7.6を記録する極めて大規模な地震であり、石川県能登地方を中心に広範囲で甚大な被害が発生した。特に、家屋の倒壊や火災、道路の寸断、ライフラインの停止など、人々の生活に直接影響を及ぼす被害が多く報告された。市街地やその周辺地域における被害については、発災直後から自治体や関係機関による調査が迅速に行われ、被害状況の把握が比較的順調に進められた。しかしながら、山間部や中山間地域に位置する農地や農業用施設については、地震による道路や橋梁の損壊により現地へのアクセスが極めて困難となり、被害の全体像を把握するには多大な時間と労力を要する状況であった。

このような背景を踏まえ、本研究では、石川県および北陸農政局などの関係機関から提供される農地・農業用施設に関する被害データ（速報値を含む）に加え、地震前後の衛星画像データ（光学・SAR等）を活用し、AI技術（画像分類）と組み合わせることにより、被害状況の広域的かつ迅速な把握を可能とする手法の検討を行った。特に、アクセスが困難で従来調査が遅れがちであった地域に焦点を当て、未調査地域における農地や農業インフラの被害実態を、地理空間情報として定量的に把握することを目的とした。

さらに、代表的な農業用施設（ため池、用排水路、揚水機場、農道など）を対象に、地震動や地盤変状、地滑り等との関係から被災のメカニズムを解析し、構造的脆弱性の要因

や被害の空間的傾向を明らかにした。その上で、将来的な地震や自然災害の再発に備え、地域の農業生産活動の継続性を確保するための強靱化対策の方向性についても検討を行った。

## 2. 合成開口レーダーによる農地被害検出<sup>1)</sup>

天候に関係なく観測できる合成開口レーダー（SAR）は、地震などによる地表面の変化を広範囲に検出する手法として広く利用されている。宇宙航空研究開発機構（JAXA）のALOS-2衛星がよく使われるが、能登半島地震に関しては地震発生前の観測データが少なく、観測間隔が大きく空いている。一方、欧州宇宙機構（ESA）のSentinel-1は、能登半島周辺では12日間隔で観測を行っており、地震発生時が非かんがい期であったことから、Sentinel-1により農地地盤の変形を検出できる可能性があると考えた。

SARデータから得られるコヒーレンスを利用して被害検出を行うが、コヒーレンスは1に近づくほど干渉性が良好で、0に近づくほど干渉性が悪いことを示す。つまり、地震を挟んだ2時点間でコヒーレンスが地震前よりも低下した地域では、地盤や地形の変形が発生したことを意味する。コヒーレンスの低下量を求めるには、地震前および地震前後の干渉性を調べる必要がある。地震前は2023年12月7日と19日のデータを、地震前後は12月31日と2024年1月12日のデータを使用した。

地震前と地震前後のコヒーレンスの変化（図1）を見ると、輪島市、志賀町、七尾市

などで数値の低下が顕著であることが分かる。これらの場所では、家屋の倒壊や火災による建物消失などが報告されている。一方、震源域から離れた地域でも、列状やスポット的にコヒーレンスが低下している箇所が見られる。とくに、農地が広がる羽咋市や中能登町の邑知潟干拓地での低下が顕著であり、2024年2月に現地調査を行ったところ、パイプラインの漏水による農道の冠水や水田の噴砂などが実際に確認された。

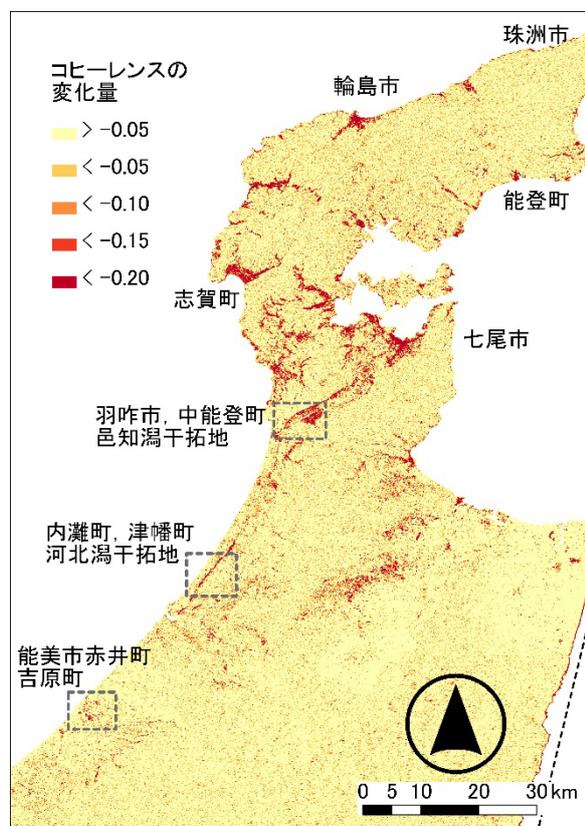


図1 コヒーレンスの変化量

### 3. 光学衛星による地震後の水稲作付け状況解析<sup>2)</sup>

Google Earth Pro を使用して、地震前年の2023年に能登地方で確認できるエリアについて、目視により水田、森林、都市、水域、その他の地上参照データを作成した。衛星画像の解析には、比較的高解像度かつ高頻度な Sentinel-2 を利用した。Sentinel-2 の可視光解

像度は 10m、回帰日数は 10 日であるが、2 機の衛星が運用されているため実質的に 5 日間隔である。衛星データの解析には、Google Earth Engine (GEE) を使用した。GEE は、大量の衛星データの検索・分析が可能なクラウドベースの地理空間データ解析プラットフォームである。通常、衛星データを用いて土地利用分類を行う際には、正規化植生指数などの指数を適切に選択する必要があるが、ここでは用いる指数の特定は行わず生成 AI (ChatGPT-4) でスクリプトを生成した。

生成されたスクリプトで GEE を実行したところ、グランドトゥルースデータの名前を変更する必要はあったが、これら以外に修正する必要はなかった。また、スクリプトを一つ一つ確認もしたが誤りはなかった。さらに、学習データと検証データをランダムに分割して精度を評価したところ、何割が正しく分類されたかを示す総合精度は 0.89 となっており、分類精度は非常に高かった。さらに、石川県内 19 市町における 2023 年度の栽培面積と Sentinel-2 による土地利用分類および筆ポリゴンとの重ね合わせによって得られた推定面積の比較を(図2)に示す。これを見ると、決定係数は 0.98、切片も小さく傾きもほぼ 1 であり、面積も非常に正確であることが分かる。

衛星によって 2024 年に水稲作付けを断念したと判定された地域を(図3)に示す。これを見ると珠洲市、輪島市において、作付けを断念した地域が多いこと、断念した地域が多い支流と少ない支流があることが分かる。2024年6月に輪島市、珠洲市で現地調査を行ったところ、衛星解析の通り、作付けを断念した農地が広がっており、光学衛星による水稲作付け状況の把握が効率的に行えることが確認された。

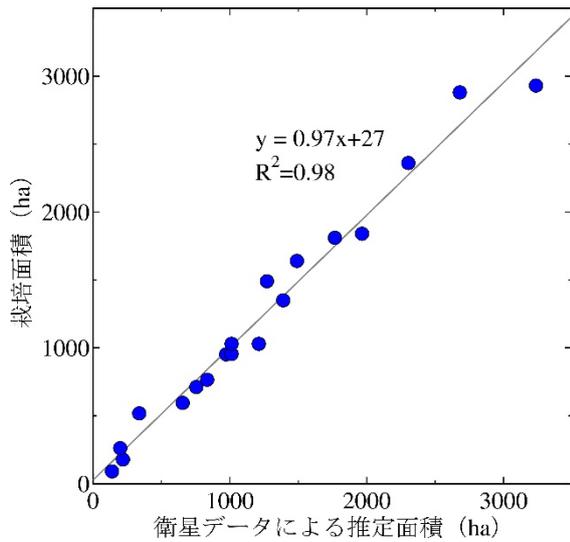


図2 衛星データによる推定面積と実際の栽培面積（2023年）

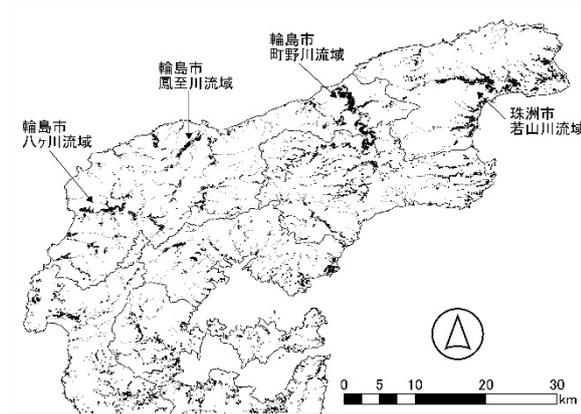


図3 水稻作付け断念地域（2024年）

#### 4. 農地・農業用施設の被害分析<sup>3)</sup>

##### 4.1 珠洲市の地表地震断層による被害状況

今回の地震発生後、珠洲市若山町の若山川沿いにおいて、全長約4km、幅100~200mの隆起地帯が確認されており、若山町中地区内の農地には地表地震断層と思われる段差が発生していた。段差が発生した農地は、平成23年度から平成29年度にかけて県営圃場整備事業が行われたところである。今回の地震で発生した段差は最大で約2mに達しており（写真1）、一部では区画整理により区画を拡大した農地がほぼ二分された状態になっ

ていた。また、発生した段差上では、コンクリート水路、送水管、暗渠排水管が大きく損傷しており、耕作道が上下に分断されていた。一方、今回調査した範囲では、段差部分の農地や水路等は大きく損傷しているものの、段差から少し外れた範囲では顕著な被害は見られなかった。また、段差では鉛直方向のずれが顕著であったが、水平方向の目立ったずれは確認されなかった。今回調査した範囲では、段差以外に目立った田面の亀裂等は確認できなかったが、一部には数cm程度の不陸が生じていた。今後水張り時に多数の不陸が見つかる可能性がある。



写真1 最大約2mの段差（珠洲市）

##### 4.2 奥能登、中能登地域の被害状況

輪島市門前町道下の農地において、亀裂が発生していた。亀裂の深さは40cmほどで、亀裂が耕土下の礫層にまで達していた。また、同地区内の道路においても亀裂（写真2）や道路横断水路の損傷が発生していた。

穴水町宇留地の農地において、田面の亀裂や畦畔法面の崩落が発生していた。この現場は、最近圃場整備が終わったばかりの地区であり、盛土した地盤がまだ落ち着いていなかった可能性がある。また、志賀町富来では、ポンプ場周辺の地盤沈下により、ポンプ場の建屋が浮き上がっていた。

七尾市矢田町の農地において、多数の亀裂

が発生していた。この地区は地形勾配が急であり、農地の畦畔法面は高いところで2mほどの高さがあった。このため、盛土により造成された畦畔法面が大きな地震動を受けてはらみだし、田面に亀裂が発生したと推定される。また、農地脇の道路において、舗装の剥離や亀裂が発生していた。



写真2 道路に生じた亀裂（輪島市）

#### 4.3 能登島の被害状況

能登島北部の海岸に近い祖母ヶ浦町の水田では、津波による浸水被害を受けていた（写真3）。津波により水田脇の水路が土砂で埋まってしまい、水田に溜まった海水を排除できない状況であった。能登島長崎町の水田では、地震により液状化が発生し、田面が砂に覆われた状態であった。能登島通町の中能登農道橋付近の農地海岸においては、海岸堤防が倒壊していた。

#### 4.4 奥能登地域のため池の被害状況

石川県内では、防災重点農業用ため池 1,133ヶ所のうち 280ヶ所で堤体の損傷が確認されている。珠洲市内のため池において、堤頂に深さ 70cm 程度の亀裂が発生していた（写真4）。同じく珠洲市内の別のため池では、法面保護コンクリートにずれが生じていた。さらに別のため池では、地山斜面の崩落により洪水吐が閉塞していた。



写真3 津波被害を受けた水田（能登島）



写真4 堤体に発生した亀裂（珠洲市）

#### 4.5 中能登農道橋の被害状況

中能登農道橋は能登島と本土を結ぶ海上道路橋であり、本土側の3径間連続斜張橋と能登島側の2径間連続PC橋で構成される。今回の地震により、本土側取付け道路部に多数の亀裂が発生していた（写真5）。また、能登島側の橋台部分支承が圧壊するとともにPC箱桁端部が大きく損傷し、上部工が約40cm沈下して能登島側の取付け道路部に段差が発生していた。

#### 4.6 邑知潟干拓地、河北潟干拓地の被害状況

邑知潟干拓地においては、堤防の護岸コンクリートの損傷（写真6）や堤防の沈下が発生しており、大型土嚢による堤防の応急的な嵩上げが行われていた。また、干拓地内のポンプ場では周辺地盤の沈下により建屋が浮

き上がっていた。河北潟干拓地においては、排水樋門付近の堤防の沈下により樋管部分に大きな段差が生じていた。また、干拓地と外部を結ぶ橋梁の取付け部の沈下により大きな段差が生じていた。さらに、干拓地に隣接する農地では液状化による噴砂跡が確認された。



写真5 取付け道路部の亀裂（能登島）



写真6 護岸コンクリートの損傷（邑知潟干拓地）

## 5. おわりに

本研究では、合成開口レーダー（SAR）および光学衛星を用いて、農地および農業用施設の被害状況を把握することを試みた。発災直後は行政機関が初動対応に追われており、研究機関から被害状況を問い合わせたり、データ提供を依頼することは容易ではない。しかし、衛星データを活用することで被害が発生している可能性の高い場所をあらかじめ

絞り込むことができ、現地調査の重点化や効率化につなげることが可能となった。今後は、クラウドプラットフォームとの連携や、行政機関との情報共有体制の整備を進めることで、衛星データを実際の災害対応に活用するための運用体制がさらに発展していくことが期待される。

今回の地震により、石川県内の農地や農業用施設は甚大な被害を受けた。被災地域では、営農が少しでも早期に再開できるよう、まずは迅速な復旧作業を進めることが求められる。特に復旧に時間を要するため池などの水利施設を受益とする地域では、代替水源の確保や一時的な給水対策が不可欠である。また、被災による離農や農地の耕作放棄が増加するおそれがあるため、農地を農業生産法人等へ集積し、経営体の規模拡大を図るとともに、条件不利地でも効率的な農業生産を可能にするスマート農業技術の導入など、新しい農業の姿を見据えた復旧・復興計画を検討する必要がある。

本研究の成果が、農地および農業用施設の被害把握や復旧・復興に資する基盤情報として活用され、将来の災害対応力強化につながることを期待する。

謝辞：本研究は、一般社団法人・北陸地域づくり協会「北陸地域の活性化」に関する研究助成事業」の支援を受けた。ここに記して感謝の意を表する。

## 引用文献

- 1) 藤原洋一・星川圭介・一恩英二・森丈久・長野峻介：干渉 SAR 解析を活用した令和6年能登半島地震の農地被害検出、農業農村工学会誌、Vol.92、No.9、pp.673-678、2024
- 2) 藤原洋一・星川圭介・一恩英二・森丈久・

長野峻介：水稲作付け状況解析における生成 AI 利用の有効性、農業農村工学会誌、Vol.93、No.1、pp.23-26、2025

- 3) 森丈久・一恩英二・藤原洋一・長野峻介：令和 6 年能登半島地震による農地・農業用施設の被害、農業農村工学会誌、Vol.93、No.3、pp.173-177、2025