

# 多時期航空レーザ測量データを用いた地すべり性変動の3次元的挙動解析

中日本航空株式会社 ○小出哲也, 秦野輝儀, 小野貴稔, 星野慎司, 加藤あゆみ, 川本晃治

## 1 はじめに

令和6年1月1日に発生した能登半島地震(M7.6)は、石川県輪島市や珠洲市をはじめとする奥能登地方を中心に、能登半島全域に甚大な被害を及ぼした。主な被害として、大規模な地盤変動や地震地すべり、海岸部の隆起、液状化現象、および広範囲にわたる家屋の倒壊が報告されている。

これらの地形変化の状況を迅速かつ正確に把握することは、二次災害の防止や被災地の復旧・復興計画の立案において極めて重要である。本稿では、地震前後の航空レーザ測量データを用いた解析により、現地踏査のみでは全容把握が困難な大規模地すべりや地盤変動を可視化した事例について報告する。

## 2 3次元的挙動の可視化

### 2.1 可視化の必要性

能登半島地震による地盤変動は、数メートルの局所的な崩壊から数キロメートルに及ぶ広域な地すべりまで、規模や形態が多岐にわたる。例えば、輪島市の八太郎峠西側では、約1キロメートル以上の幅をもった地すべりや、崩壊土砂による河道閉塞(土砂ダム)なども発生している。

森林に覆われた山間部や立ち入り困難なエリアにおいて、これらの変動範囲や変位量を定量的にかつ3次元的に把握するためには、航空レーザ測量データを用いた高精度な可視化技術が必要不可欠である。

### 2.2 可視化に使用した航空レーザ測量データ

本発表における解析では、以下の2時期の航空レーザ測量データを用いた(表1)。

表1 解析に用いた航空レーザ測量データ

時期	内容	取得方法
地震前	石川県「令和2年度森林情報整備業務」「令和4年度森林情報整備業務」におけるLAS形式データ	G空間情報センターより取得
地震後	令和6年1月11日以降に自社計測した点群データ(地震前の電子基準点「輪島」を基準としている)	自社計測により取得

### 2.3 可視化における解析手法

取得した点群データに対し、以下の解析手法を用いて地盤変動の可視化を行った(図1)。

(1) S-DEM<sup>1)</sup>解析: S-DEM(Substratum-DEM)とは、地表面付近のオリジナルデータを再解析することで、DEM(メッシュデータ)では平滑化され表現しきれない局所的な微地形や転石、密生する植生などを抽出する手法である。格子状のメッシュデータではなく、

不規則な点群データ(ランダムデータ)として扱うため、より詳細な地形的特徴や変状の把握が可能となる。

- (2) 標高差解析: 地震前後の標高差分により増加(赤色)と減少(青色)を色分けした標高差分図を作成し、土砂の移動量や堆積域を面的に把握する。
- (3) 変動ベクトル解析<sup>2)</sup>: 地震前後のS-DEM解析データから解析ソフトMierre<sup>3)</sup>を用いて3次元的な変動ベクトルを算出し地盤の移動方向と変形メカニズムを解析する。

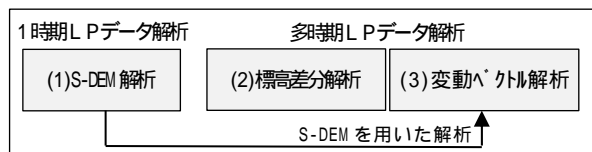


図1 地盤変動を可視化する手法

## 3 地すべり性変動の3次元的挙動解析事例

本節では、地盤変動の可視化において特に顕著な変動を示した地点における変動ベクトル解析結果を報告する。

### 3.1 八太郎峠西側の大規模地すべり

(輪島市町野町寺山)

変動域全体で東西約1.6km、南北約1.2km、推定最大深100m以上の規模を有する大規模地すべりを確認した。変動ベクトル分布図からは、5mを超える変位が多数認められ、山体や斜面によって方位が異なる複雑な変動分布となっていることが可視化された(図2)。

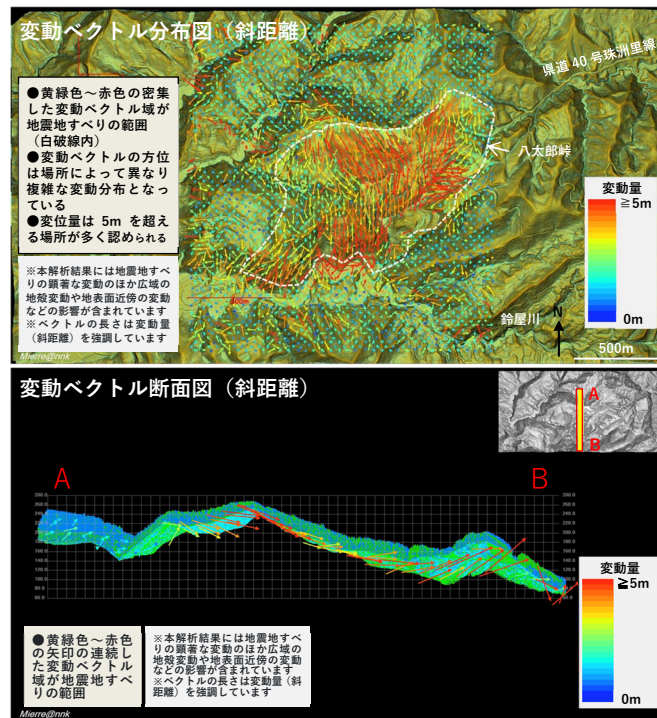


図2 八太郎峠西側の変動ベクトル分布図・断面図

### 3.2 舟木谷峠北側の大規模地盤変動 (輪島市町野町真喜野)

東西約 2.7km, 南北約 1.6km の丘陵地内で, 斜距離で最大 10m 以上の変位を伴う広範な変動域を抽出した。黄緑色から赤色の変動ベクトル域が複数の場所に密集しており, それぞれが異なる方位を示している。複雑な地震地すべりの範囲を明確に捉えた(図 3)。

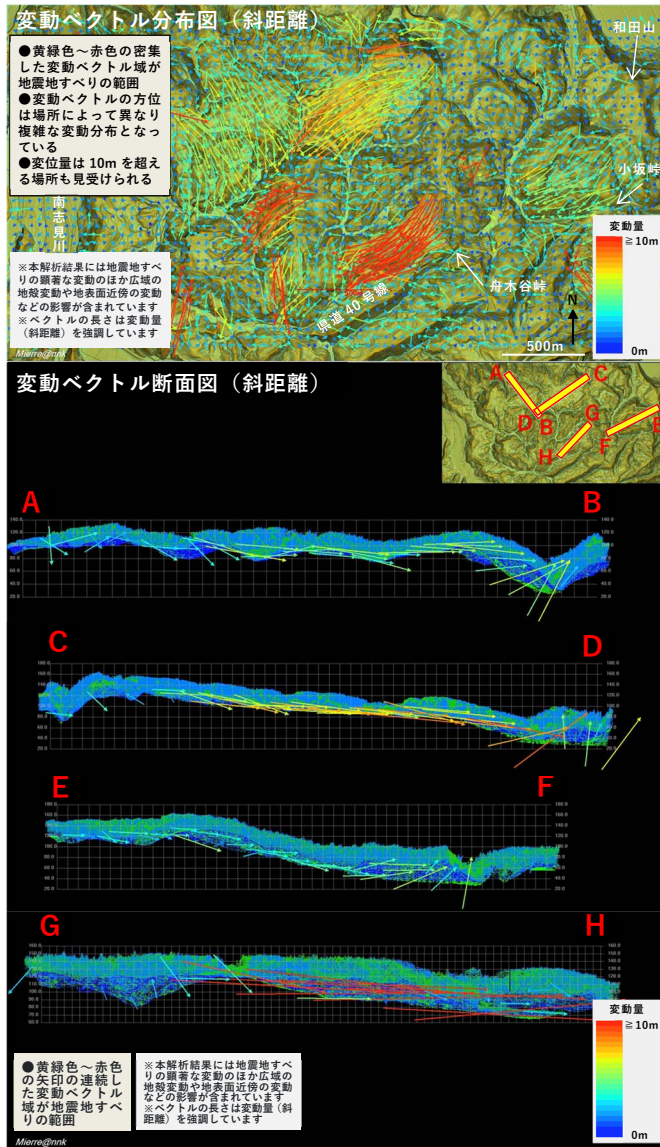


図 3 舟木谷峠北側の変動ベクトル分布図・断面図

### 3.3 輪島野球場およびその周辺の地盤変動 (輪島市稲舟町歌波)

輪島野球場を中心に東西約 260m, 南北約 310m の範囲で, 斜距離で 5m 以上の変位を伴う変動域を抽出した。

全体として北方向の水平変位及び沈下下の鉛直変位が卓越しているが, 地すべり上部ではやや西向き水平変位が認められるほか, 末端部では上向き鉛直変位が認められる。また, 地すべりの末端の一部は国道 249 号を横切って海岸線の護岸に達しており, 国道 249 号の

約 200m 区間を最大約 2m 隆起させている様子を捉えた(図 4)。

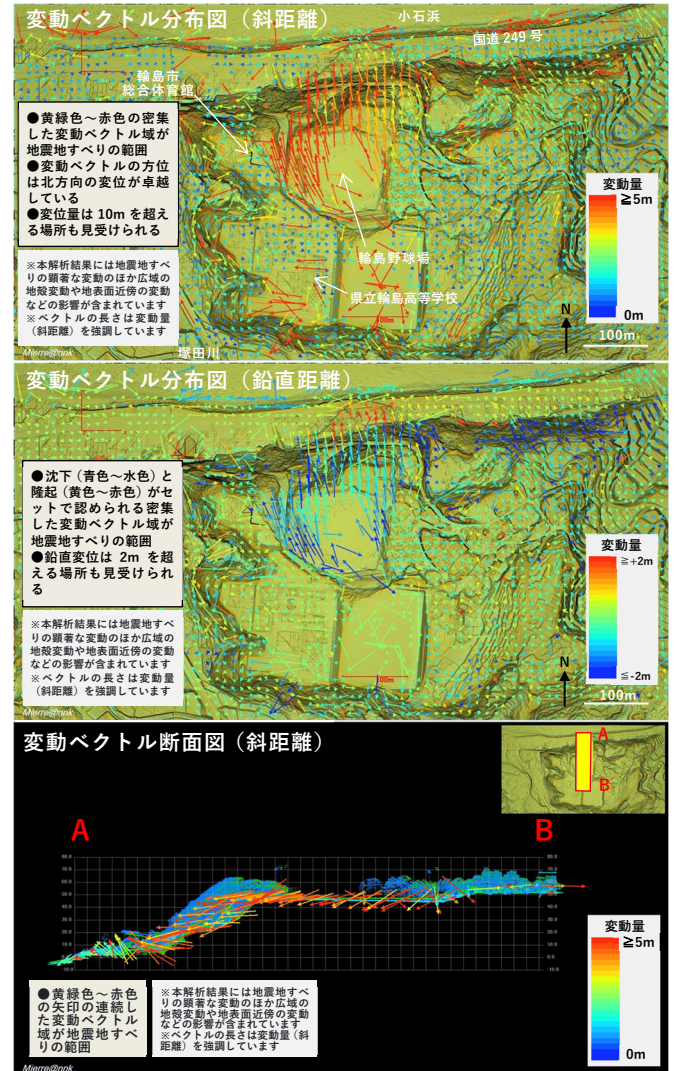


図 4 輪島野球場付近の変動ベクトル分布図・断面図

## 4 まとめと課題

解析の結果, 従来の標高差分解析では抽出が困難であった水平移動を含む 3 次元的地形変位の挙動が可視化できた。

本手法は, 地震動による広域な地殻変動を考慮した局所的な座標補正を加味することで, 将来的な崩壊地や不安定斜面の変動プロセスの解明において, より具体的な知見の獲得に資するものと期待される。

## 参考文献

- 1) 2) 菊地輝行・秦野輝儀・千田良道・西山 哲 (2017) : S-DEM データを利用した地すべり地における変動ベクトル解析技術の開発, 応用地質, Vol.57, No.6, pp.277-288.
- 3) 中日本航空株式会社: 点群ビューワ Mierre(ミエール), <http://www.nnk.co.jp/research/product/software/mierre.html> (参照 2026-04-03).