

# 災害の現象解明と将来のリスク把握に向けた研究（第二期）（第2年次）

実施期間

令和6年度～令和10年度

地理地殻活動研究センター 吉田 一希 遠藤 涼

地理情報解析研究室

## 1. はじめに

令和6年能登半島地震では多数の土砂崩壊などの地表変状が生じた。地震時における地表変状の発生域や変位を詳細に把握し、それらのデータを整備することは、今後の各種解析などの利活用に重要である。令和7年度は、航空レーザ測量による高解像度な数値標高モデル（DEM）を用いた地形判読及びPIV（粒子画像流速測定法）解析（特許第4545219号）（Mukoyama, 2011）を行い、地表変状分布図を作成・公開した（吉田, 2025）。

## 2. 使用データ・作成範囲

地震前後のDEM（解像度1m）を使用した。地震前のDEMは、石川県が2020年及び2022年に計測したグラウンドデータから生成した。地震後のDEMは、林野庁が2024年12月に公開したデータを使用した。DEM地形判読は、平面直角座標系Ⅶ系のX座標110,000m（中能登町役場付近）以北の能登半島全域を判読した。PIV解析は平面直角座標系Ⅶ系のX座標120,000m（笠師保駅付近）以北の能登半島全域（地震前のDEMの計測範囲のみ）を解析した。

## 3. 手法

### （1）DEM地形判読

GISソフトウェア「QGIS」を用いて地震後のDEMから傾斜量図（主に山地判読用）及び標高段彩図（主に低地判読用）を生成し、画面上で地表変状を判読し、ベクトルデータ（ポリゴン又はライン形式）で図化した（図1左）。判読・図化は一人で全域を縮尺1/2,500程度で行い、判読基準のずれが生じにくくするため全域の判読を3周回繰り返して行った。ポリゴン形式では、「地すべり」、「表層崩壊」、「クリープ」、「土石流」を取得した。「地すべり」は滑落崖と移動体、「表層崩壊」は源頭部・流走部と堆積地に分割した。また、地震前後のDEM（広域な水平変動成分除去済）から差分DEMを生成し、滑落崖又は源頭部・流走部での差分が5m以上のものを「大規模地すべり」又は「大規模表層崩壊」とした。ライン形式では、「山地斜面の地表変状」、「山間谷底の地表変状」等を取得した。「山地斜面の地表変状」はDEM地形判読で移動体が認識できなかった地すべりの滑落崖等で、「山間谷底の地表変状」は若山川沿いなどに生じた直線的な変状である。

### （2）PIV解析

地震前及び地震後のDEMから2m解像度の傾斜量図を生成し、画像処理ソフトウェア「ImageJ」のプラグイン「PIV」における「Iterative PIV (Advanced Mode)」を使用し、4,096m（2,048pix）四方ごとのX・Y方向の平均変位量を2,048m（1,024pix）四方当たり1点の密度で求めた。次に、広域変動成分を除去するため、QGISのジオリファレンサーにより、各変位量の点をGCPとして薄板スプライン法で地震前のDEMを変形した。そして、変形後のDEMから2m解像度の傾斜量図を生成し、前述の手法で128m（64pix）四方ごとのX・Y方向の平均変位量を64m（32pix）四方当たり1点の密度で求めた。最後に、水平変位量12m以上の点と、地震前のDEMにおけるNoDATA部分とその影響

を受けている周辺部の点はエラーとみなして除去した（図 1 右）。

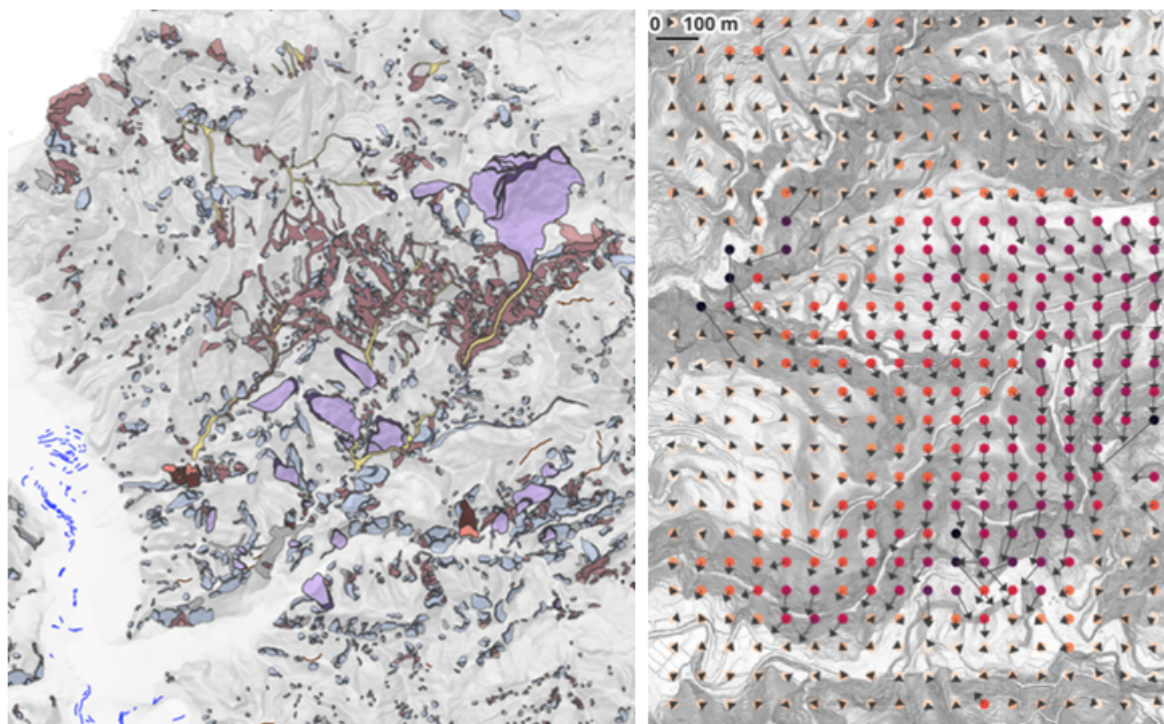


図-1 左：DEM 地形判読図．右：PIV 解析結果．

#### 4. 地形判読・PIV 解析結果

##### (1) 地すべり・表層崩壊・土石流

DEM 地形判読による地すべりと表層崩壊は、大局的には比較的急峻な地形の外浦側で分布密度が高い傾向を示した．ただし、局所的には外浦側であっても小富士山や猫ヶ岳周辺など分布密度が低い領域もみられた．内浦側では珠洲市正院町や七尾市赤浦町などの波食崖状の急崖で多く分布した．地すべりは若山川南岸斜面－南志見川周辺や、鳳至川北岸斜面－浦上川北岸斜面など、高密度かつ帯状に分布する領域が幾つかみられた．表層崩壊と土石流は、急傾斜地（猿山岬、サビヤ山、河原田川狭窄部、高洲山、水山、宝立山周辺）で多く分布した．

PIV 解析による局所的な水平変位が大きい領域は、能登半島の東部では珠洲市折戸町－珠洲市若山町延武－輪島市町野町栗蔵－白米の千枚田を結ぶ線よりも北側に集中し、西部では輪島市稲船町－輪島市二俣町－輪島市門前町谷口－輪島市門前町是清－南川河口を結ぶ線よりも北西側に集中した．これらの領域では DEM 地形判読では認められなかった面積約 0.1 km<sup>2</sup> 以上かつ水平変位約 1 m 以上の地すべりが多数分布した．

##### (2) 山地斜面の地表変状・山間谷底の地表変状

山地斜面の地表変状は、PIV 解析による局所的な水平変位が大きい領域に多数認められ、多くが NE-SW 又は ENE-WSW 走向を示した．志賀町尊保－輪島市門前町窠（うつろ）では、NW-SE 走向の断層状の亀裂（北落ち最大約 0.4 m）が認められた．山間谷底の地表変状は、珠洲市若山町延武－若山町上山の若山川沿い（総延長約 6 km）、輪島市稲屋町－縄又町の鳳至川・黒川沿い（同約 4 km）、七尾市中島町上島－中島町山戸田の熊木川沿い（同約 1.5 km）などに認められた．PIV 解析の結果をみると、若山川と鳳至川沿いは両岸から谷底方向に局所的な水平変位が生じており、低地の幅が約 1 m 以上狭くなった箇所もみられた．熊木川沿いは液状化による側方流動によって生じた可能性もあ

るが、周囲の地すべりの影響を受けている可能性も考えられる。

## 5. まとめ

航空レーザ測量技術の向上や GIS ソフトの普及により、高解像度 DEM を用いた詳細な地形表現図・地形解析による技術が発展したことで詳細な地形判読図の作成が可能となった。しかし、DEM 地形判読には DEM の生成手法や各種地形表現の特徴を理解して斜面変動の分布・成因等を読み解く能力が求められるとともに、判読目的や災害の種類等に応じて必要な分類手法が異なり得るため完全な自動化は難しい。AI 解析等による自動判読技術の精度向上には高精度な教師データが必要であり、精度の良否判定にも地形判読の能力が必要となる。これらを解決するため、高解像度 DEM と調和的かつ網羅的な地形判読データをオープンデータとして公開して AI 解析等の自動判読技術の精度向上に貢献できるよう努めるとともに、高解像度 DEM・GIS を用いた地形判読技術を進展させ、斜面変動への理解を深められるよう取り組んでいきたい。

## 参考文献

Mukoyama, S. (2011): Estimation of ground deformation caused by the earthquake (M7.2) in Japan, 2008, from the geomorphic image analysis of high resolution LiDAR DEMs. J. Mt. Sci. 8, 239–245.

doi:10.1007/s11629-011-2106-7

吉田一希（2025）：DEM 地形判読・PIV 解析による令和 6 年能登半島地震に伴う地表変状分布図データ，国土地理院地理地殻活動研究センター公開データウェブサイト。

doi:10.57499/RESEARCH\_2025\_082