

2つの能登半島地震で生じた道路被害と地震動の検討

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○武藤 夏歩
長岡技術科学大学 正会員 池田 隆明
長岡技術科学大学 正会員 志賀 正崇

1. はじめに

2024年1月1日16時10分、石川県能登半島北部を震源とする、震源の深さ16km¹⁾、M_j7.6の地震が発生した。この地震により、能登半島全域にわたって、最大震度7の強い揺れを観測した。

石川県金沢市と能登半島を直結する自動車専用道路、「のと里山海道²⁾」の複数箇所では、橋梁アプローチ部を含む盛土の崩落や道路の亀裂等を中心とした被害が生じ、道路機能が低下したこと、救援・復旧に大きな影響を及ぼした。道路近傍の七尾市垣吉町、穴水町大町では震度6強を観測している³⁾。

能登半島では、2007年3月25日9時41分にもM_j6.9の地震が発生⁴⁾し、2024年と同様の被害が発生している。両年の被害の様子を図-1に示す。

本研究では、のと里山海道の被害と地震動の関係の簡易的な分析を目的として、GISを用いた両地震における被害箇所の特定、被害状況の分類、被害地点の地震動の推定を行った。被害箇所の特定では、地震動と被害の関連性を検討するため、地震後の被害調査結果や公表された情報等を用いて被害箇所の位置（座標）を特定した。2007年の地震に対しては、地震直後に撮影された航空写真からオルソ画像を作成した。

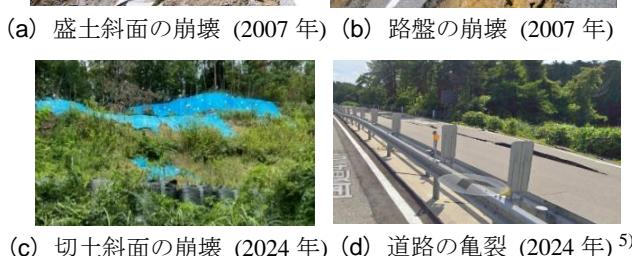


図-1 2つの地震によるのと里山海道の被害

その結果、徳田大津ICを境界として、道路北部におけるPGAは南部と比較して高い傾向があること、被害程度とPGA/PGVの間に明確な相関は認められなかったこと等が明らかになった。

2. 被害箇所の特定方法



図-2 のと里山海道²⁾概要図に加筆

のと里山海道は、千鳥台から穴水ICまでを結ぶ、全長約90kmの自動車専用道路である²⁾。図-2にのと里山海道の全体図を示す。

図-1(a)～(d)に示した被害は、図-2において、その発生範囲を概略的に示した。これら(a)～(d)の被害は、いずれも徳田大津IC～穴水ICで確認されている。国土交通省の「令和6年能登半島地震 道路復旧見える化マップ」⁶⁾では、のと里山海道の被害が徳田大津IC～穴水ICに集中している

ことが示されている。そこで、徳田大津 IC～穴水 IC を対象として被害箇所の特定を行った。

(1) 2024 年の被害箇所の特定

2024 年被害箇所の特定は、オルソ画像の目視、現地調査、Google ストリートビュー⁵⁾の確認により行った。はじめに上空から見える被害を確認するため、全国最新写真（シームレス）⁷⁾と、2024 年 4 月 5 日から 26 日に撮影された能登地区全域のオルソ画像⁸⁾を組み合わせ、QGIS 上で広域な画像を作成して目視した結果、26 箇所の被害を確認した。現地調査の結果、これらは中規模から大規模程度以上の被害であることが判明したため、現地調査結果及び Google ストリートビュー⁵⁾で確認された小規模被害 71 箇所を加え、計 97 箇所の被害位置を特定した（図-3）。

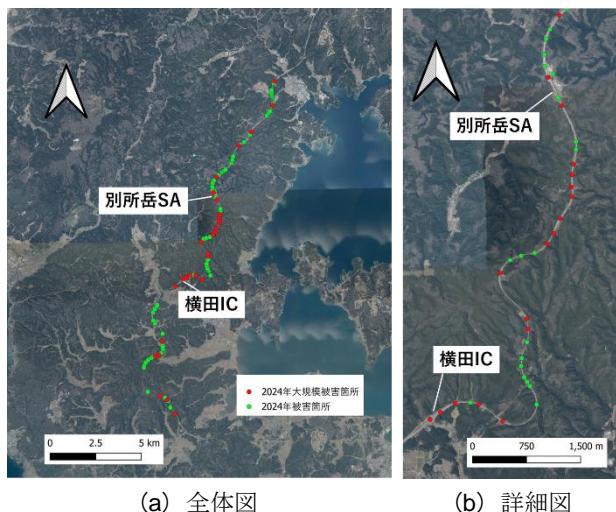


図-3 2024 年能登半島地震における被害箇所

(2) 2007 年の被害箇所の特定

2007 年の被害箇所の位置を図-4 に示す。

2007 年能登半島地震は、2007 年 3 月 25 日 9 時 41 分に能登半島沖（輪島市の南西約 25 km）の深さ 11 km を震源として発生した $M_J 6.9$ の地震である⁴⁾。能登有料道路（現在の「のと里山海道」）の被害箇所は国土技術政策総合研究所が公開する被災状況図⁹⁾等で報告されているが、位置情報（座標）は示されていなかった。そこで、当時の被災状況を目視で確認するため、地震直後に撮影された航空写真を用いてオルソ画像を作成した。

このオルソ画像は、中日本航空株式会社が 2007 年 3 月 26 日午後に、高度約 2600～2700 m から撮影した約 300 枚の tiff 画像を用い、SfM/MVS 手法（本研究では Metashape を使用）により作成したものである。さらに、筆者の一人が地震後に行つた被害調査で撮影した被害写真と位置情報も加え、オルソ画像上で被害箇所の位置を特定した。報告されている被害 44 箇所のうち、30 箇所は文献⁹⁾に示されたキロポスト情報と整合していたため、残る箇所についても軽微な被害を含め、キロポスト情報に基づき特定した。

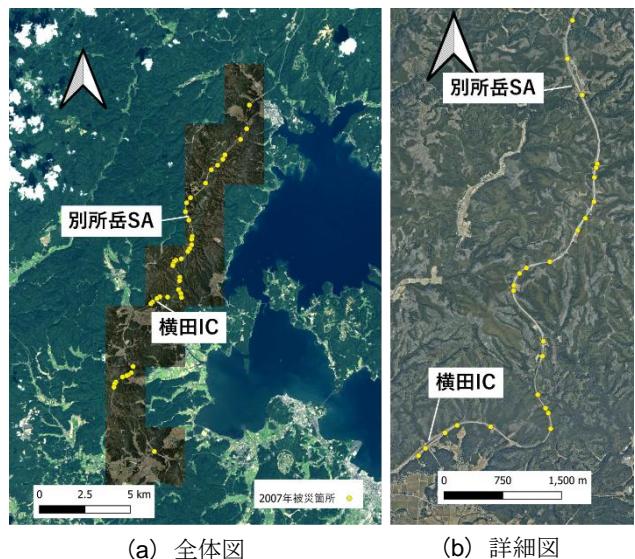


図-4 2007 年能登半島地震における被害箇所

3. 各年の被害箇所数の整理

2007 年と 2024 年の被害箇所数、大規模被害数を区間別に整理したものを表-1 に示す。ここでは大規模被害は、「被害規模が道路の幅員の 2～3 倍以上の広域にわたり、復旧に数週間要するとオルソ画像等から判断したもの」と定義した。表-1 より、総被害件数と大規模被害の件数は 2007 年より 2024 年のほうが多く、道路周辺の震度が高かったことから、地震動の影響が大きいと考えられる。区間別に見ると、2007 年は横田 IC～別所岳 SA（図-3 (b), 図-4 (b)）の被害割合が 47.7 % と集中していた。一方、2024 年も大規模被害に限れば、同区間の被害割合が 55.2 % と最も高く、被害が集中している。また、表-1 では両年の被害箇所を比較し、「2007 年と 2024 年の被害箇所が道路の幅員の 3 倍程度の距離以内に位置するとオルソ画像

等から判断したもの」を同一箇所と定義した。同一箇所の被害数も、横田 IC～別所岳 SA で多く、両年とも同様な箇所での被害の発生が窺える。よって、横田 IC～別所岳 SA は、盛土の大規模被害が発生するリスクが高いと考えられる。

4. 道路被害地点での地震動の推定

被害箇所の特定により、のと里山海道の被害には偏在性があることが明らかとなった。この偏在性の要因の一つとして地震動の影響が考えられることから、各被害地点での地震動を推定するため、PGA 分布及び PGV 分布を作成した。

防災科学研究所の強震観測網 (K-NET, KiK-NET)¹⁰⁾ と、気象庁の強震観測データ¹¹⁾ から道路周辺の記録を収集し、VBA より PGA, PGV を算出した。断層面最短距離の算定には、能登半島地震の断層モデルとして浅野・岩田のモデル¹²⁾を使用した。

2024 年の地震については、16:10:09 に西側のセグメントが破壊開始点から南西方向へ向かって破壊した地震（以下、Event1）と、16:10:22 に東側セグメントが珠洲付近から富山方向へ破壊した地震（以下、Event2）の 2 つを対象とした。観測 PGA, PGV を最も良く再現するよう、司・翠川の距離減衰式¹³⁾を補正し、PGA, PGV は水平 2 方向の合成最大値を用いて、250 m メッシュの分布を作成した。2007 年の地震に対する検討も同様に行った。一例として、作成した Event1 の PGA 分布

を図-5 に示す。

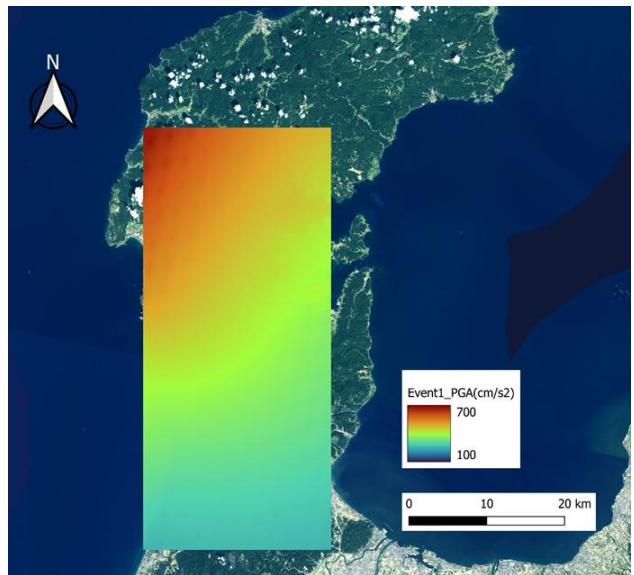


図-5 2024 年の PGA 分布(Event1)

5. 道路被害と地震動の簡易分析

図-5 より、2024 年能登半島地震(Event1)では、被害が集中しているのと里山海道北部の PGA が南部より高いことが明らかとなった。2024 年(Event2) 及び 2007 年の分布にも同様の傾向が見られることから、PGA が高い地域ほど被害が発生するリスクが高いと考えられる。

図-6 には、横軸を 2024 年の被害箇所ナンバー、縦軸を PGV (Event1, Event2) としたグラフを、図-7 には横軸を 2007 年の被害箇所ナンバー、縦軸を PGV としたグラフを示す。

表-1 各区間別の被害箇所数

		2007 年		2024 年		同一箇所	
		被害数	大規模	被害数	大規模	被害数	大規模
総被害件数		44	11	97	29	28	5
区間別	徳田大津 IC ～横田 IC	11 (25.0 %)	3 (27.3 %)	31 (32.0 %)	7 (24.1 %)	6 (21.4 %)	1 (20.0 %)
	横田 IC ～別所岳 SA	21 (47.7 %)	4 (36.4 %)	30 (30.9 %)	16 (55.2 %)	12 (42.9 %)	1 (20.0 %)
	別所岳 SA ～越の原 IC	9 (20.5 %)	3 (27.3 %)	20 (20.6 %)	4 (13.8 %)	7 (25.0 %)	2 (40.0 %)
	越の原 IC ～穴水 IC	3 (6.8 %)	1 (9.1 %)	16 (16.5 %)	2 (6.9 %)	3 (10.7 %)	1 (20.0 %)

図-6と図-7を比較すると、2007年に比べて2024年のPGVが全体的に大きい値を示した。2007年の最大PGVは21.99 cm/sであるのに対し、2024年(Event 1)は36.55 cm/sとなっている。表-1に示すような被害数の増加には、PGVの増大が一因として影響した可能性がある。また、図-6におけるEvent1とEvent2の比較では、Event2のPGVが全体的に小さく、のと里山海道から、想定した断層面までの距離がEvent2のほうが遠いことが要因と考えられる。さらに、図-6と図-7の大規模被害地点に注目すると、高いPGVであっても大規模被害が発生していない地点が複数確認される一方、大規模被害地点で特に高いPGVは見られなかった。したがって、本検討では、被害程度とPGA、PGVの間に明確な相関は認められなかった。

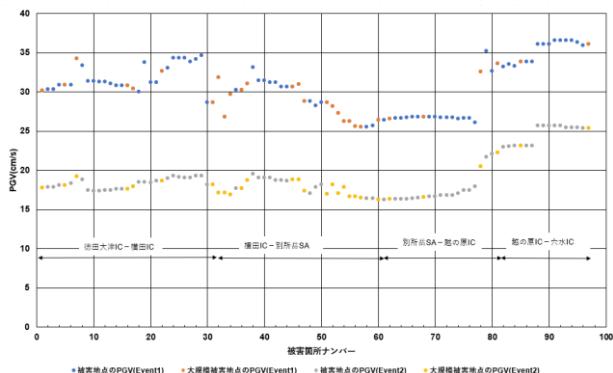


図-6 被害箇所と PGV (2024 年)

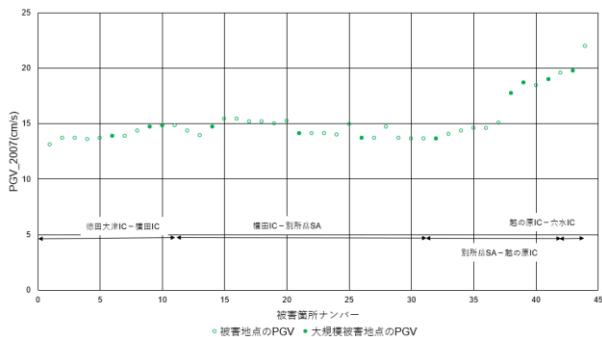


図-7 被害箇所と PGV (2007 年)

6. おわりに

本研究では、2つの能登半島地震における、のと里山海道の被害箇所の特定、被害地点の地震動の推定等を行った。被害には偏在性があり、のと里山海道北部におけるPGA、PGVは南部と比較して高い傾向があった。また、被害程度とPGA、PGVの間に明確な相関は認められなかった。

謝辞

2007年能登半島地震の航空写真は中日本航空株式会社よりご提供いただきました。被害箇所の特定やオルソ画像の作成には、国土地理院のデータを使用しました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 内閣府：防災情報のページ，
https://www.bousai.go.jp/updates/r60101notojishin/r60101notojishin/pdf/r60101notojishin_50.pdf (2025.6.25 閲覧)
- 2) 石川県：のと里山海道の紹介，
<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/nakanotopublic/notosatoyama/syokai.html> (2025.6.25 閲覧)
- 3) 気象庁：震度データベース検索，
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.html> (2025.6.25 閲覧)
- 4) 気象庁：平成 19 年（2007 年）能登半島地震，
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/kenshin/vol72p027.pdf> (2025.6.25 閲覧)
- 5) Google：Google ストリートビュー，
<https://www.google.com/maps/> (2025.6.25 閲覧)
- 6) 国土交通省：令和 6 年能登半島地震道路復旧見える化マップ，
<https://www.mlit.go.jp/road/r6noto/index2.html> (2025.6.25 閲覧)
- 7) 国土地理院：地理院地図 全国最新写真（シームレス），
<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html#ndo> (2025.6.25 閲覧)
- 8) 国土地理院：地理院地図 能登地区全域（4/5～4/26撮影）オルソ画像，
https://maps.gsi.go.jp/#10/37.096812/136.827850/&base=std&ls=std%7C20240102noto_0405_0426do&blend=0&disp=11 (2025.6.25 閲覧)
- 9) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：平成 19 年（2007 年）能登半島地震被害調査報告図-7.2.1，
<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0438pdf/ks043811.pdf> (2025.6.25 閲覧)
- 10) 防災科学研究所：強震観測網(K-NET, KiK-NET)，
<https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/> (2025.09.26 閲覧)
- 11) 気象庁：強震観測データ，
https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/kyoshin/jishi_n/index.html (2025.09.26 閲覧)
- 12) 京都大学：強震波形による 2024 年能登半島地震の震源破壊過程，Fig.6，
https://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/k-asano/pdf/JpGU2024_U15-P20.pdf (2025.09.26 閲覧)
- 13) 司宏俊，翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式，日本建築学会構造系論文集，64巻，523号，pp. 63-70, 1999.