

第 1 章 背景

1.1 2024 年能登半島地震の概要

2024 年 1 月 1 日の 16 時 10 分頃、石川県能登地方の深さ 16 km を震源とする気象庁マグニチュード 7.6 の地震が発生した（気象庁, 2024d）。以下、本報告では 2024 年能登半島地震という。セントロイドモーメントテンソル解析では、北西—南東方向に圧力軸を持つ逆断層型の発震機構が推定され、地殻内の地震だと考えられている（気象庁, 2024d）。同地方では 2020 年 12 月から地震活動が活発化しており、気象庁は、この地震の発生を受けて、一連の地震活動を「令和 6 年能登半島地震」と命名した（気象庁, 2024a）。2024 年能登半島地震の発生後も活発な地震活動が継続し、その活動域は、2024 年 1 月末の時点で、能登半島及びその北東側の海域を中心とする 150 km 程度の範囲に及んだ（気象庁, 2024d）。

2024 年能登半島地震では、地震動及び津波による甚大な被害が生じた。石川県輪島市及び羽咋郡志賀町では最大震度 7 を観測するなど、能登半島をはじめとした広域が強震動に見舞われ、建物・電柱・ブロック塀等の倒壊、路面の亀裂・陥没、液状化現象などの被害が出た（気象庁, 2024f）。また、石川県金沢の検潮所で 80 cm の津波が観測されるなど、北海道から長崎県にかけた日本海沿岸の広い地域で津波が観測された（図 1; 気象庁, 2024d）。しかし、震源に近い石川県輪島市の輪島験潮場は地震に伴う土砂崩れで亡失し（国土地理院, 2024b）、石川県珠洲市長橋町の検潮所は地震時の地殻変動でその直下の地面が隆起し（気象庁, 2024c）、津波全体を観測できなくなるなどの障害も起きた。また、能登半島先端部南岸の石川県珠洲市や能登町、さらに能登半島東方の新潟県上越市等では、津波の浸水に伴う家屋の損壊や船舶の打ち上げ等の被害が出た（気象庁, 2024f）。

1.2 津波現地調査の重要性

被害をもたらした津波の終息後に、現地へ赴いて津波の詳しい状況を調査することは、その津波の特性の解明に役立つとともに、後世に記録を残すという観点でも重要である。検潮所等の潮位観測点、衛星・航空写真から判読される浸水範囲等の観測のみでは必ずしも十分に津波の詳しい状況を把握できるとは限らないため、そうした観測のない港湾地域や自然海岸等における津波の状況も、できるだけ現地で確認して記録する必要がある。一般に、現地調査では、目撃者からの聞き取り、現地の写真等の収集、及び建物等の浸水痕や漂着物等の測量によって各地の津波襲来時の水位変化量を測定し、津波の高さの面的分布を得ることが重要な目的の一つである。月日が経つにつれ、津波の痕跡は降雨・降雪や復旧作業の進展等により失われ、また、目撃者の記憶があいまいになっていくため、調査結果の品質を保持するには調査を早期に行う必要がある。

1.3 2024 年能登半島地震の津波現地調査

2024 年能登半島地震では強震動・津波に伴う被害が甚大であったため、現地の人命救助や物資支援活動に支障を与えないように配慮しつつ、津波の現地調査を進める必要があった。他方、津波は能登半島を含む日本海沿岸の広域に及んだため、各機関で調査地域を分担して進めることが有効だと考えられた。

地震発生直後から国内の津波研究者間で連絡が取り交わされ、2024 年 1 月 3 日に、土木学会海岸工学

委員会の有志により、調査地域情報及び調査計画等の共有、被災地の負担軽減を目的として、約 20 機関の大学・研究機関等のメンバーで構成される R6 年能登半島地震津波調査グループ（事務局：京都大学の森信人教授ら）が結成された（土木学会海岸工学委員会, 2024）。また、2020 年 12 月から活発化した能登半島の地震活動の原因解明等を目的として、2023 年 6 月から、科学研究費助成事業（特別研究促進費）による調査研究（研究代表者：金沢大学の平松良浩教授）が進められていたが、2024 年能登半島地震の発生を受け、同地震及びそれに伴う津波の調査も実施されることとなった（<https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-23K17482/>, 参照 2024-12-27）。一方、気象庁では、自然災害が発生した場合、気象庁機動調査班（JMA Mobile Observation Team: JMA-MOT）として職員を派遣し、現象の実態解明のための現地調査等を行うこととしている（気象庁防災業務計画：https://www.jma.go.jp/jma/kishou/intro/gyomu/JMAdisaster_prevention_operating_plan.pdf, 参照 2025-2-10）。2024 年能登半島地震の津波については、気象庁地震火山部及び 9 つの気象官署（札幌管区气象台、東京管区气象台、前橋地方气象台、新潟地方气象台、富山地方气象台、静岡地方气象台、大阪管区气象台、長崎地方气象台及び沖縄气象台）が JMA-MOT として、石川県、富山県及び新潟県の現地調査を実施した（気象庁, 2024b, 2024d）。

気象研究所地震津波研究部は、2024 年能登半島地震の発生当時、気象研究所の中期研究計画（2019 年度–2023 年度）で経常研究課題「地震と津波の監視・予測に関する研究」を実施していた。地震発生を受けて、同研究課題の一環の機動的観測・調査として、津波現地調査を実施することを決めた。調査は JMA-MOT と連携しつつ進めることとし、JMA-MOT の調査状況を取りまとめている気象庁本庁と情報共有及び調整を適宜行うことで、調査地点の重複を回避したり、調査方法・まとめ方、潮位補正の方法を共通化して調査結果の利便性向上を図ったりした。また、気象研究所は、気象庁の一員として JMA-MOT とともに前述の R6 年能登半島地震津波調査グループに参画し、気象庁本庁を介して同グループと情報共有しつつ調査を進めた。加えて、気象研究所は、同地震の発生後、前述した科学研究費助成事業に研究分担機関として参画した。本現地調査で得られた結果は、同事業の今後の活動をはじめ、広く研究活動において活用されていく見込みである。

1.4 気象研究所における現地調査の目的

2024 年能登半島地震における津波の特徴の一つは、富山湾内で観測された津波である。気象庁（2024d）で報告された津波観測値のうち最も早い到達は、震央から約 80 km 離れた富山湾南岸の富山検潮所における地震発生 3 分後の引き波であった（図 1）。気象研究所は、富山検潮所を含む日本海沿岸で観測された津波の到達時刻から逆算して津波波源域を推定し、その結果、地震の断層運動による地殻変動で生じる津波波源とは別に、富山検潮所の近傍にも波源が存在する可能性が示唆された（図 2）（気象庁, 2024d; 気象研究所, 2024; 対馬・他, 2024）。富山湾の津波波源を明らかにすることは、この地震における津波発生過程を理解するうえで重要である。また、震源断層以外の津波波源に関する知見は、今後の津波警報等の改善にもつながることが期待できる。

2024 年能登半島地震に伴う富山湾の津波波源を高精度に推定するには、湾内全域にわたる空間密度の高い津波観測データ、とくに時系列データが必要である。しかし、同地震において津波時系列データが得られた富山湾内の沿岸潮位観測点は富山検潮所、伏木検潮所、生地検潮所の 3 点に限定され（南・他, 2024）、波源を推定するのに十分な観測データがあるとはいいがたい。一方、今回の津波は、富山湾内外

の複数の沿岸域や河川のライブカメラに記録された（たとえば、青木・他, 2024; Shirai *et al.*, 2024; Tajima *et al.*, 2024; 南・他, 2024; Yamanaka *et al.*, 2024; Yanagisawa *et al.*, 2024）。カメラ映像記録を用いた津波伝播状況の推定は、2011 年東北地方太平洋沖地震（Fritz *et al.*, 2012）や 2018 年スラウェシ島地震（Carvajal *et al.*, 2019）の事例で行われ、その観測データの有効性が示されている。2024 年能登半島地震の事例についてもカメラ映像を活用して観測密度を高めることができれば、富山湾の津波波源の解明につながるものと期待できる。

そこで、気象研究所は、富山湾内の津波波源に注目し、その波源を推定するための富山湾沿岸の津波観測値を得ることを目的に、現地調査を実施した。調査内容は大きくわけて 2 つあり、1 つは津波高分布の調査、もう 1 つはライブカメラ映像の被写体の調査である。前者は、1.2 節で述べた通り、津波の特性を理解するうえでの基礎情報として重要である。後者は、ライブカメラ映像から津波高の時系列を抽出するためのものである。ライブカメラ映像内で目印とする被写体を定め、その画面縦方向の画素数と実際の上下方向の寸法の比がわかれば、映像内の津波高を実際の津波高に換算することができる。

1.5 本報告の位置づけ

気象研究所が現地調査で得た津波高は、北陸地方沿岸の観測値を網羅した報告書や論文で既に公表されている。たとえば、気象庁による現地調査結果は「地震火山月報（防災編）」（気象庁, 2024d）及び「令和 6 年度災害時自然現象報告書」（気象庁, 2024f）で公表されている。また、R6 年能登半島地震津波調査グループの調査結果のまとめも公表されている（たとえば、土木学会海岸工学委員会, 2024; Yuhi *et al.*, 2024）。さらに、ライブカメラ映像の被写体に関する調査結果は、映像から津波高の時系列を抽出する研究ですでに活用され、その活用方法と成果が論文として報告されている（青木・他, 2024; 南・他, 2024）。

本報告は、2024 年能登半島地震の津波現地調査で気象研究所が分担した調査の詳細を記録したものである。上述した論文・報告書又は測定データを利用する際に参照されたい。

第 2 章 現地調査の方法

気象庁では、地震機動観測等業務実施要領において JMA-MOT が実施する調査業務の詳細を気象庁地震火山部が別途定めることとされており、日本全国の気象官署が統一した方法で現地調査を行えるように、2011 年 3 月に地震津波現地調査マニュアルが作成され、その後繰り返し改訂されている。本調査も、このマニュアルに示された方法と同一の方法により実施した。

2.1 調査方法の概要

2.1.1 津波高の調査

調査対象地域に赴いて、津波痕跡の探索、及び津波の襲来時又は終息後の現地の様子を知る住民への聞き取り調査を行った（2.4.1 節で詳述）。それらに基づいて津波痕跡等を同定できた場合は、その対象物の高さ（レベル）と海面の高さを測量し、その差を計測値とした（2.4.3 節で詳述）。そして、計測時

の潮位と津波最大波の推定到達時刻における平常潮位の差を補正して、津波高とした（2.5 節で詳述）。痕跡等は、津波の浸水高又は遡上高を測定可能な箇所を海岸から近い場所で探した。

なお、津波高の具体的な数値に直結する情報が得られない場合でも、津波は押し寄せたが陸には上がらなかったという事実や、少なくとも津波は陸に上がったという事実は、津波高の上限や最大津波高の下限に関する重要な情報である。このため、痕跡の探索や聞き取り調査に基づいてそのように判断できた場合は、海面からその直近の地面（岸壁の上面など）までの高さを測量した。

2.1.2 ライブカメラ映像の被写体の調査

調査対象地域へ赴く前に、津波襲来時のライブカメラ映像（図 3）を確認し、映像解析時のものさしになりうる被写体を測量の対象物として選定した。具体的には、まず、インターネット上のニュース映像や動画投稿サイトを中心に、2024 年能登半島地震に伴う津波を捉えたライブカメラ映像、及び津波を捉えた可能性のあるライブカメラについて検索し、得られた情報に基づき、適宜、当該カメラを管理・運用する放送局等へ映像データの提供を依頼し、津波襲来時の映像データを入手した。次に、それらの映像データから、ものさしになりうる被写体について、津波襲来前後でその位置や高さが変化していないこと、及び実際に現地でその対象物の測量を実施可能なことを確認した。そして現地にて、事前に決めた対象物の寸法を測量した。

2.2 日程と対象範囲

気象研究所では、被災地での人命救助活動の進捗や物流の回復を待って、現地調査を実施した。富山湾内の津波波源の解明に資する観測データの収集をねらいとして(1.4 節)、富山湾の沿岸地域を中心に、計 2 回の調査を実施した：

(1) 1 回目 2024 年 1 月 16–18 日

対象地域：石川県 七尾市

富山県 氷見市、高岡市、射水市、富山市

調査者：林 豊、対馬弘晃、南雅晃（地震津波研究部）

(2) 2 回目 2024 年 3 月 13–15 日

対象地域：石川県 志賀町、輪島市

富山県 高岡市、富山市、黒部市

調査者：対馬弘晃、南雅晃、中田健嗣（地震津波研究部）

1 回目の調査は、地震発生からおおよそ 2 週間後の 1 月中旬に実施した。事前に、気象庁本庁から、富山地方気象台が 1 月上旬に富山県内の一部の地域で現地調査を実施したとの情報を得ていたため、調査初日に富山地台を訪問し、富山地台の調査結果及び気象研究所の調査計画等に関する情報交換を行った。その内容も考慮し、石川県七尾市から富山県富山市にかけて、潮位観測点を含む沿岸地域の津波高を調査した。あわせて、高岡ケーブルネットワークのライブカメラによって津波襲来の様子が捉えられた富山県高岡市雨晴海岸にも赴き、現場の様子の調査及びカメラの被写体の測量を行った。

2 回目の調査は、地震発生から約 2 か月半後の 3 月中旬に実施した。主な目的は、ライブカメラ映像の解析に資するデータの収集で、1 回目の調査で訪れた雨晴海岸に加え、石川県輪島市輪島港及び富山

県富山市岩瀬浜にも赴いた。これらの 2 か所では、国土交通省北陸地方整備局金沢港湾・空港整備事務所（北陸地方整備局，2024a）とケーブルテレビ富山のライブカメラがそれぞれ津波襲来の様子を捉えており、各場所でカメラの被写体の測量を実施した。また、石川県志賀町安部屋漁港に津波が襲来する映像（ANNnewsCH, 2024：近隣住民が撮影した映像がテレビ朝日の YouTube チャンネルで公開されている）を参考に、現地の様子を調査した。これらのほか、黒部市生地検潮所等の潮位観測点周辺の状況を調査した。

2.3 機材と測定方法

津波の痕跡等の高さ及びカメラ被写体の寸法の測定には、主にトータルステーション（測距儀と測角儀の機能を持つ測量機器。トプコン社 GM-107F）及び標尺を用い、水準測量の要領で基準点と対象物の高さの差を測定した。基準点としては、海面又は最寄りの三角点を利用した。これらの機材を用いた測定が困難な場合には、状況に応じて、標尺、巻き尺、又はレーザー距離計（URCERI 社 ZL-100）を用いた。

測定点の緯度・経度は、主に、国土地理院がウェブで公開している地理院地図（電子国土 Web）を利用して取得した。具体的には、測定点周辺の建物等の様子を写真撮影し、それを目印として地理院地図上での測定点の位置を特定し、緯度・経度を取得した。一方、砂浜のように、目印にできるようなものが周辺に見当たらない場合は、現地でハンディ GPS（GARMIN 社 GPSMAP67）を用いて緯度・経度を取得した。

2.4 測定値のまとめ方

2.4.1 津波痕跡の種類

津波の痕跡には、建物の壁面に付着した泥水の痕、樹木に絡まった枯れ枝やごみ、地面に倒されて変色した草、地面に列をなす枯れた葉やごみ等の漂着物等がある。また、目撃者の証言から、浸水箇所の上限等の情報が得られる場合もある。さらに、2024 年能登半島地震では、津波襲来の様子が各地のライブカメラで捉えられたため（図 3）、それらの映像から判別できた浸水・遡上に関する情報も活用した。

2.4.2 信頼度

痕跡の明瞭さや証言の信憑性を判断基準にして、各測定値の信頼度を A から D までの 4 段階で評価した（詳細は表 1 下部を参照）。これらの判断基準は、1960 年チリ地震津波以降、津波の現地調査で用いられ（藤間，2007）、2024 年能登半島地震の津波現地調査でも、JMA-MOT 及び R6 年能登半島地震津波調査グループで採用されている。なお、信頼度が C 又は D の測定値は、信頼度が低いため採用しないこととし、表 1 には掲載せず、図 5 への調査地点の位置の表示、及び付録 1-3 への調査内容の記載に留めた。

2.4.3 浸水高と遡上高の定義と算出手順

本報告では、JMA-MOT による測定結果との相互参照をできるようにするため、JMA-MOT が用いている浸水高と遡上高の定義を採用した。具体的には、平常潮位（津波が来ていない状態の潮位）を基準

に、そこから痕跡等の対象物まで鉛直方向に計測した高さ（レベル）を津波高として定義する（図 4）。このとき、測量の対象物が地面に列をなした漂着物である等、遡上限界を示す痕跡だと判断できる場合には遡上高、這い上がる途中の痕跡だと判断できる場合には浸水高とする。

算出手順としては、まず、痕跡等の対象物の高さ、及びそのときの海面の高さを計測し、それらの差を計測値とする。次に、計測値に対し、最寄りの潮位観測点を参照して計測時の潮位を補正する（2.5 節で詳述）。これにより、参照した観測点での平均海水面（MSL）、又は東京湾平均海水面（T.P.）を基準にした対象物の高さが得られる。そして、津波最大波（注目している痕跡を残した波）の推定到達時刻における平常潮位を補正すれば（2.5 節で詳述）、平常潮位を基準にした津波高（図 4）が得られる。

2.5 潮位補正

潮位補正には、JMA-MOT と同様、各測定点の最寄りの潮位観測点における実測潮位を用いた。実測潮位は、実際の天文潮位、海流、気圧の影響なども含むものであり、各潮位観測点の管理機関が観測された水位時系列を解析し、事後に公表している（たとえば、気象庁、2024e）。潮位補正では、各測定点での津波最大波の到達時刻又はその推定時刻が必要である。聞き取り調査で当該時刻が判明した場合にはその時刻を採用し、当該時刻が不明な場合には、参照する最寄りの潮位観測点の最大波発現時刻で代用した。

なお、R6 年能登半島地震津波調査グループがとりまとめた調査結果では、実測潮位ではなく、天文潮位モデルから算出された推算天文潮位を用いて潮位補正が行われている（Yuhi *et al.*, 2024）ため、海流・気圧などの影響を誤差として含んだ測定値となっている。この違いに起因して、Yuhi *et al.* (2024) は本報告とは津波高が若干異なっているため、参照する際は注意されたい。

第 3 章 現地調査の結果

現地調査で得られた津波高の結果を表 1, 2 に、ライブカメラ映像の被写体等の寸法を表 3 に示す。また、調査地点の位置及び潮位補正後の津波高の空間分布を図 5 に示す。以下の 3.1 節及び 3.2 節では、これらの結果の概要を述べる。より詳細なデータは、付録（調査地点・測定点の位置図は付録 1 の図 A1–A17、写真等は付録 2 の写真 A1–A18、現地調査票は付録 3）を参照されたい。なお、調査地点番号は、石川県は西から東へ 1 から順に、富山県は北西から南東へ 101 から順にそれぞれ振った。一つの調査地点に複数の測定点がある場合は、津波高に関するものは大文字のアルファベット（A, B など）、ライブカメラ映像の被写体に関するものは小文字のアルファベット（a, b など）を調査地点番号の末尾に付して区別した。

3.1 津波高分布

3.1.1 概要

(1) 富山湾

富山湾沿いの 14 調査地点のうち、4 調査地点（6 測定点）で信頼度 A 又は B の津波高の結果が得られた（表 1, 図 5）。潮位補正後の浸水高は、石川県の下佐々波漁港（調査地点 5）で 1.2 m、富山県の雨晴海岸（調査地点 102）で 1.1 m であった。また、遡上高は、下佐々波漁港（調査地点 5）で 2.0 m 及び 2.4 m、富山県の新湊マリーナ（調査地点 107）と岩瀬浜（調査地点 110）でそれぞれ 1.5 m、2.2 m であった。これらのうち、特筆すべき事項は 3.1.2 節で詳述する。

上述以外の調査地点のうちの 4 調査地点では、津波痕跡が見当たらないことや聞き取り内容に基づいて津波は陸に上がらなかったと判断し、海面を基準とした岸壁の上面等の高さを測定して、津波高の上限値を得た（表 1）。このうち、石川県の七尾港（調査地点 3）では、検潮所（写真 A3d）、その周辺の護岸の陸側の道路の路面（写真 A3e-f）及び建物（写真 A3f）で得られた上限値（潮位補正後）はそれぞれ 2.0 m（測定点 3A）、0.2 m（3B）、0.3 m（3C）だが、検潮記録の最大津波高が 54 cm である（気象庁, 2024d）。このように検潮記録は津波が護岸を越えたことを示唆しており、本調査では浸水による津波痕跡が確認できないと判断した測定点 3B, 3C は、浸水後に痕跡が失われた箇所だった可能性も否定できないため、これらの測定値の信頼度は極めて低いと考えた。他方、富山県の生地検潮所（調査地点 111）の上限値（潮位補正後）は 1.3 m で、検潮記録の最大津波高が 36 cm（北陸地方整備局, 2024b）であることと整合する。これらのほか、富山県の湊橋（調査地点 104）では 1.1 m、海王丸パーク（調査地点 105）では 0.9 m の上限値（潮位補正後）を得た。

富山湾沿いの残りの 6 調査地点では、検潮所の建物が立入禁止区域にあるなどの理由で、津波高の測定値は得られず、状況の確認のみを行った（表 2）。これに該当するのは、石川県の百海漁港（調査地点 4）、富山県の氷見漁港（調査地点 101）、伏木富山港伏木検潮所（調査地点 103）、同港新湊検潮所（調査地点 106）、萩浦橋水位観測所（調査地点 108）、富山検潮所（調査地点 109）である。このうち、氷見漁港については、本調査では測定値を得られなかったが、他機関では測定値を得たと報告されている（Yuhi *et al.*, 2024）。このように、同じ調査地点でも、聞き取り調査の対象次第で測定値が得られることがあるため、観測データの利用時には総合的なデータセット（Yuhi *et al.*, 2024）も参照されたい。

(2) 富山湾外

富山湾外では、石川県の安部屋漁港（調査地点 1）、輪島験潮場（調査地点 2）で調査を実施した（表 1, 2）。安部屋漁港では、津波襲来時の動画（ANNnewsCH, 2024）に映っていた周辺を調査したが、明瞭な津波痕跡は認められず、住民からも津波に関する証言を得られなかった（写真 A1）。このため、動画上で津波が岸壁を越えたことに基づいて、海面を基準とした岸壁の上面の高さを測定し、最大津波高の下限として 1.3 m（潮位補正後）を得た（表 1）。一方、地震発生直後から潮位観測データが途切れていた輪島験潮場（国土地理院）は、土砂崩れに巻き込まれていたことが確認された（表 2, 写真 A2a）。なお、土砂崩れに伴う同験潮場の亡失は、現在では国土地理院から公表されている（国土地理院, 2024b）。

3.1.2 津波高が得られた調査地点の詳細

(1) 石川県 下佐々波漁港（調査地点 5）

下佐々波漁港は南東向きの漁港で、防波堤の内側にある（図 A6）。空中写真の判読から推定された津波浸水域（国土地理院, 2024a）によって漁港内への浸水が示されていたため（図 A6 の青色網掛け部分）、現地調査を行い、潮位補正後の津波高として、遡上高 2.0 m（測定点 5A, 信頼度 A）、浸水高 1.2 m（測定点 5B, 信頼度 B）及び遡上高 2.4 m（測定点 5C, 信頼度 B）を得た。

測定点の位置関係と港内の地形をふまえると、津波は漁港へ侵入したのち、港内の北東部分と南西部分へ別々に浸水し、北東部分では測定点 5B を経由して 5A まで到達した一方（写真 A5b-d）、南西部分では海と 5C の間にある建物のピロティ（写真 A5e）を經由して 5C（写真 A5f）へ到達したと推察される。この建物の海側部分は、海-ピロティ間の漁船の上げ下ろしを円滑に行うためのスロープ構造になっており、津波が這い上がってきやすい状態であったと考えられる。また、前述の推定津波浸水域（国土地理院，2024a）と比較すると、北東部分に対応する浸水域（図 A6 の青色網掛け部分）がみられる一方、南西部分に対応する浸水域はみられない。この原因として、ピロティに浸水痕跡は残ったが、建物の屋根に隠れて空中写真には写らず、推定浸水域として判別されなかった可能性が考えられる。こうしたことから、現地で調査することの重要性を改めて認識できる。

(2) 富山県 雨晴海岸（調査地点 102）

雨晴海岸は海越しに立山連峰を望む景勝地であり、海岸にある義経岩の北西約 290 m の場所には雨晴海岸を遠景で撮影するライブカメラが設置され（図 A8）、津波が雨晴海岸に襲来し引いたり浸水したりする様子が撮影されていた（図 3a-b）。本調査では、波高最大時（図 3b）でもその頂部までは浸水しなかった岩（写真 A7d-f）に着目し、現地でこの岩の浸水位置の高さ（写真 A7f の下側の黄点線）を測定して、浸水高 1.1 m（潮位補正後）を得た（測定点 102A）。潮位補正には、最大波の撮影時刻を用いた。なお、現地調査では、カメラ映像で浸水を確認できた周辺で痕跡を探したが、それらしきものは見当たらなかった（写真 A7a-c）ため、1 回目の調査日（1 月 17 日）までの間に痕跡が失われたものと考えられる。根拠となる痕跡はないが、映像データが現地での目撃証言の役割を果たしたことを考慮して、信頼度は B とした。

上述の結果は、現地調査で痕跡や証言が得られない場合でも、カメラ映像を活用すれば津波高の観測値を得られることを実証した観測事例である。(4)で述べる岩瀬浜での観測もこれに類似した事例である。

(3) 富山県 新湊マリーナ（調査地点 107）

本調査地点は北向きの港である伏木富山港内に位置し、防波堤の内側にある（図 A13）。新湊マリーナで船の被害が出たと海上保安本部が報告したとの報道等があったため、現地調査を行った。新湊マリーナ構内にあるレストランと岸の間に枯れ葉が点在していた（写真 A13b-f）。レストランの従業員への聞き取りによって、これらが津波漂着物であること、レストランの建物までは浸水しなかったことが判明したため、枯れ葉が遡上限界にあたると判断して測定を行い、遡上高 1.5 m（潮位補正後、信頼度 A）を得た（測定点 107）。

(4) 富山県 岩瀬浜（調査地点 110）

岩瀬浜は北向きの砂浜で、複数の消波ブロック群の内側にある（図 A16）。砂浜南方の岩瀬浜緑地には、その北方にある消波ブロック群（写真 A16a）を含む沖合を撮影するライブカメラが設置されており（写真 A17c）、津波が岩瀬浜に襲来して、引いたり浸水したりする様子が撮影されていた（図 3c-d）。(2)で述べた雨晴海岸と同様、ライブカメラ映像を活用して津波高を測定した。最大遡上時の画像（図 3d）を手掛かりに現地で痕跡を探したところ、津波遡上で漂着したとみられる列をなした木片群（写真 A16b）がみつかったため、これを測定し（写真 A16c）、遡上高 2.2 m（潮位補正後）を得た（測定点 110A）。潮位補正には、最大遡上の撮影時刻を用いた。映像データが現地での目撃証言の代替として機能したこと、及び現地の痕跡にも基づくことから、信頼度は A とした。

3.2 ライブカメラ映像の被写体の寸法

石川県の輪島港、富山県の雨晴海岸及び岩瀬浜の調査地点では、ライブカメラ映像の被写体に関する調査を行った（表 3）。

輪島港（調査地点 2）では、国土交通省北陸地方整備局の金沢港湾・空港整備事務所に、港内外の海況を撮影するライブカメラが設置されており（図 A3c）、同港における津波の様子が撮影されていた（北陸地方整備局，2024a）。この映像の被写体のうち、港内にある防波堤の上部を構成するブロックの高さを標尺で測定し、2.16 m を得た（写真 A2b）。この測定値は、青木・他（2024）が同カメラの映像から津波高の時系列を抽出する際に用いられた。

雨晴海岸（調査地点 102）では、前述したようにライブカメラによって津波が捉えられた（図 3a-b）。その被写体のうち、雨晴海岸の義経岩下部の石柱の高さと、ライブカメラから義経岩へ向かう遊歩道の地面から護岸上面までの高さを標尺で測定し、それぞれ 2.00 m（写真 A8a）、2.52 m（写真 A8b）を得た。前者の測定値は、南・他（2024）が同カメラの映像から津波高の時系列を抽出する際に用いられた。

岩瀬浜（調査地点 110）では、前述したとおりライブカメラで津波が捉えられた（図 3c-d）。その被写体のうち、岩瀬浜の沖合約 100 m に設置された消波ブロック群の高さをトータルステーションで測定し（写真 A17a）、3.99 m を得た（写真 A17b）。この測定値は、雨晴海岸での測定値と同様、南・他（2024）による津波高時系列の抽出に用いられた。

第 4 章 まとめ

気象研究所では、2024 年能登半島地震に伴う津波のうち、富山湾内にも津波波源が存在した可能性に注目し、その解明に資する津波観測値を得ることを目的として、津波の現地調査を実施した。石川県七尾市から富山県黒部市にかけての富山湾沿岸を中心とした調査を行い、網羅的ではないものの、いくつかの地点で浸水高や遡上高の測定値を得た。これらと潮位記録に基づく最大津波高をまとめると、富山湾内の最大津波高は 0.4–2 m 強だった（図 5）。こうした観測値は、富山湾内の津波波源（図 2b）のより詳細な推定に貢献するものと期待できる。

本調査では、津波高の観測値に加え、カメラ映像の被写体の寸法という重要な観測値も得られた。これらは、青木・他（2024）及び南・他（2024）によって活用され、カメラ映像からの津波時系列データの抽出へ波及している。こうした時系列データを潮位記録等と併用すれば、震源断層のすべりに伴う津波波源や富山湾内の津波波源をより強く拘束できるものと期待できる。

さらに、本調査では、現地で痕跡や証言が無い場合でも、津波襲来時のカメラ映像を目撃証言の代替として活用すれば、津波高の観測値を取得できることを実証した。気象研究所でこれまでに実施した 2003 年十勝沖地震（Tanioka *et al.*, 2004）や 2011 年東北地方太平洋沖地震（林・他，2013）などの津波現地調査においては、カメラ映像を津波高の観測値の取得に利用したことはなく、初めての活用例である。一般に、浸水・遡上するような規模の津波が発生すると、強震動又は津波警報を契機に、沿岸地域の住民は避難行動をとるため、津波襲来中の目撃証言は自ずと少なくなる。こうした防災の観点で理想的な状態を保ちつつ、津波の特性を解明するための現地観測値を得ることも両立させる方法の候補の一

つがカメラ映像の利用である。本調査はこの方法が実現可能であることを示しており、将来の現地調査方法の発展に資する知見である。

本報告書に記した現地調査結果の数値等は、学会発表等（たとえば、林・他，2024）を通じて広く周知するとともに、他機関の調査結果とあわせて解析に利用できるように、気象庁 JMA-MOT 及び R6 年能登半島地震津波調査グループに提供してきた。2024 年能登半島地震に伴う津波の解析では、気象庁の刊行物（気象庁，2024f）や、R6 年能登半島地震津波調査グループのホームページ（土木学会海岸工学委員会，2024）及び論文（Yuhi *et al.*, 2024）を通じて公表されている他機関の調査結果もあわせて利用していただきたい。

謝辞

現地調査では、被災地の多くの方々から親切に有用な情報を提供していただきました。高岡ケーブルネットワークとケーブルテレビ富山の両放送局には、富山県高岡市の雨晴海岸と同県富山市の岩瀬浜のライブカメラの映像データをそれぞれご提供いただきました。輪島港の防波堤の測量にあたっては、港内での測量作業の実施に関して、北陸地方整備局金沢港湾・空港整備事務所に御快諾いただきました。測定値の整理には、国土地理院の地理院地図（電子国土 Web）（<https://maps.gsi.go.jp/>、参照 2024-09-06）を利用しました。地震発生前の各地の状況の確認には、グーグル合同会社の Google ストリートビューを利用しました。気象庁地震火山部の清本真司地震動・津波予測モデル開発推進官、川合亜紀夫調査官には、調査計画の立案及び調査結果の解析に際して、各種情報をご提供いただきました。富山地方気象台の各位には、富山県内での調査全般にわたり、多大なるご協力をいただきました。気象研究所火山研究部には、一部の観測機材等を使用させていただきました。火山研究部の中村浩二部長及び地震津波研究部第一研究室の山本剛靖室長には、原稿を改善するうえでの有益なご助言をいただきました。発刊にあたっては、地震津波研究部第三研究室の干場充之主任研究官にご尽力いただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- ANNnewsCH, 2024: 安部屋漁港に現れた津波 石川・志賀町 1 月 1 日【能登半島地震 被害状況マップ #47】. <https://www.youtube.com/watch?v=l4A6J9YYOew/>, (参照 2024-09-06).
- 青木元・南雅晃・対馬弘晃・中田健嗣・桑山辰夫・山田安之・笹部忠司・大嶋健嗣, 2024: カメラ映像を用いた令和 6 年能登半島地震の輪島港における津波波形の推定. *地震* 2, **77**, 23–29. <https://doi.org/10.4294/zisin.2024-3>
- Carvajal, M., C. Araya-Cornejo, I. Sepúlveda, D. Melnick, and J. S. Haase, 2019: Nearly instantaneous tsunamis following the Mw 7.5 2018 Palu earthquake. *Geophysical Research Letters*, **46**, 5117–

5126. <https://doi.org/10.1029/2019GL082578>

- 土木学会海岸工学委員会, 2024: 令和 6 年能登半島地震津波調査情報. <https://coastal.jp/info/library/noto20240101/>, (参照 2024-09-06).
- Fritz, H. M., D. A. Phillips, A. Okayasu, T. Shimozone, H. Liu, F. Mohammed, V. Skanavis, C. E. Synolakis, and T. Takahashi, 2012: The 2011 Japan tsunami current velocity measurements from survivor videos at Kesennuma Bay using LiDAR. *Geophysical Research Letters*, **39**, L00G23. <https://doi.org/10.1029/2011GL050686>
- 藤間功司, 2007: 2-3-3 痕跡調査精度, 津波の事典. 朝倉書店, pp. 79-81.
- 林 豊・前田憲二・対馬弘晃・岡田正實・木村一洋・岩切一宏, 2013: 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震による津波高の現地調査報告. 気象研究所技術報告, **70**. <https://doi.org/10.11483/mritechrepo.70>
- 林 豊・南雅晃・対馬弘晃・中田健嗣, 2024: 富山湾沿岸で測定した 2024 年能登半島地震による津波. 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市.
- 北陸地方整備局, 2024a: 輪島港の地震発生直後などの映像データを回収～北陸地方整備局公式 YouTube で公開～. <https://www.hrr.mlit.go.jp/press/2023/1/240109kouwanbu.pdf>, (参照 2024-09-06).
- 北陸地方整備局, 2024b: 「令和 6 年能登半島地震」における下新川海岸の概況 (潮位状況). https://www.hrr.mlit.go.jp/kurobe/jigyo/chisui/r05_01shiryuu/ss7.pdf, (参照 2024-09-06).
- 気象庁, 2024a: 令和 6 年 1 月 1 日 16 時 10 分頃の石川県能登地方の地震について (第 2 報). https://www.jma.go.jp/jma/press/2401/01b/202401011810_2.html, (参照 2024-09-06).
- 気象庁, 2024b: 「令和 6 年能登半島地震」における気象庁機動調査班 (JMA-MOT) による津波に関する現地調査の結果について. https://www.jma.go.jp/jma/press/2401/26a/20240126jma_mot.html, (参照 2024-09-06).
- 気象庁, 2024c: 「令和 6 年能登半島地震」における「珠洲市長橋」の潮位観測データの公開について. https://www.jma.go.jp/jma/press/2402/01a/nagahashi_press.html, (参照 2024-09-06).
- 気象庁, 2024d: 特集「令和 6 年能登半島地震」. 地震火山月報 (防災編), 令和 6 年 1 月号, pp. 55-315. <https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/gaikyo/monthly/202401/202401index.html>, (参照 2024-09-06).
- 気象庁, 2024e: 潮位観測資料. <https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/tide/genbo/index.php>, (参照 2024-09-06).
- 気象庁, 2024f: 災害時地震・津波報告 令和 6 年能登半島地震. 令和 6 年度災害時自然現象報告書, 2024 年第 1 号, 188p. https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_2024.html
- 気象研究所, 2024: 「令和 6 年能登半島地震」1 月 1 日の地震に伴う津波に関する調査・研究の取組. https://www.mri-jma.go.jp/Topics/R06/060202/060202_noto.html, (参照 2024-09-06).
- 国土地理院, 2024a: 空中写真判読による津波浸水域 (推定), 令和 6 年 (2024 年) 能登半島地震に関する情報. https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html#7, (参照 2024-09-06).
- 国土地理院, 2024b: お知らせ (2024 年), 潮位を測る (験潮). https://www.gsi.go.jp/kanshi/tide_info_2024.html, (参照 2024-09-06).
- 国立天文台, 2024: 各地のこよみ. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/>, (参照 2024-09-06).
- 南雅晃・対馬弘晃・林 豊, 2024: ライブカメラ映像から抽出した 2024 年能登半島地震の津波時系列データ. 土木学会論文集 特集号 (海岸工学), **80**, 17. <https://doi.org/10.2208/jscej.24-17075>
- Shirai, T., Y. Enomoto, K. Haga, T. Tokuta, T. Arikawa, N. Mori, and F. Imamura, 2024: Potential for tsunami

- detection via CCTV cameras in northeastern Toyama Prefecture, Japan, following the 2024 Noto Peninsula earthquake. *Geoscience Letters*, **11**, 28. <https://doi.org/10.1186/s40562-024-00343-9>
- Tajima, Y., Y. Matsuba, Y. Yamanaka, T. Shimozone, and F. Kato, 2024: Estimation of tsunami characteristics under rough wind waves in the 2024 Noto Peninsula Earthquake. *Coastal Engineering Journal*, **66**(3), 419–433. <https://doi.org/10.1080/21664250.2024.2385784>
- Tanioka, Y., *et al.*, 2004: Tsunami run-up heights of the 2003 Tokachi-oki earthquake. *Earth, Planets and Space*, **56**, 359–365. <https://doi.org/10.1186/BF03353065>
- 対馬弘晃・南雅晃・林 豊, 2024: 沿岸津波観測記録から推定した 2024 年 1 月 1 日の能登半島の地震における津波の波源域. 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市.
- Yamanaka, Y., Y. Matsuba, T. Shimozone, and Y. Tajima, 2024: Nearshore propagation and amplification of the tsunami following the 2024 Noto Peninsula Earthquake, Japan. *Geophysical Research Letters*, **51**, e2024GL110231. <https://doi.org/10.1029/2024GL110231>
- Yanagisawa, H., I. Abe, and T. Baba, 2024: What was the source of the nonseismic tsunami that occurred in Toyama Bay during the 2024 Noto Peninsula earthquake. *Scientific Reports*, **14**, 18245. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-69097-w>
- Yuhi, M., S. Umeda, M. Arita, J. Ninomiya, H. Gokon, T. Arikawa, T. Baba, F. Imamura, K. Kumagai, S. Kure, T. Miyashita, A. Suppasri, A. Kawai, H. Nobuoka, T. Shibayama, S. Koshimura, and N. Mori, 2024: Dataset of post-event survey of the 2024 Noto Peninsula earthquake tsunami in Japan, *Scientific Data*, **11**, 786. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03619-z>