

令和6年能登半島地震・奥能登豪雨災害における 測量業界の対応と今後の課題

国土管理・コンサル部会

1. はじめに

国土管理・コンサル部会では、豪雨や地震などの災害が激甚化、頻発化する状況を踏まえ、災害発生後の被災状況を迅速に把握・提供する手法等について測量業界各社の最新の取り組み事例や今後の課題などをテーマに部会報告として発信してきた。前回報告(先端測量技術119号)では令和3年、令和4年に発生した災害を例に、被災状況把握技術とその多様化・多重化への対応について報告した¹⁾。

毎年のように繰り返される災害への対応を通じて測量業界における新たな課題が浮き彫りとなる一方、近年の計測技術や通信技術の飛躍的な発展により、従来よりも迅速かつ高度な初動対応が可能になった面もある。災害対応力を強化し、防災・減災に寄与していくためには、多種多様な災害特性に応じた最適な被災状況把握技術やその運用方法等について、事例収集やそこから引き出される教訓をもとに常に改善していくことが求められる。

本報告では、令和6年に発生した能登半島地震及び奥能登豪雨を対象に、半島という特殊な地形条件・社会条件下での大規模地震による広域被害や、地震によって被災したエリアが記録的豪雨によって再び被災するという複合災害に対して、測量業界としてどのような対応をし、どのような課題が残ったのか、そして今後求められる取り組み等について紹介する。

2. 令和6年能登半島地震

2.1 概要

令和6年1月1日16時10分、石川県能登地域を震源とする地震(M7.6)が発生し、輪島市、志賀町で震度7を観測した(図1)²⁾。広域にわたって家屋倒壊に加え、大規模な火災、津波による家屋流出、液状化によるインフラ被害、斜面崩壊による道路寸断、山間部での斜面崩壊と河道閉塞など甚大な被害が発生し、特に家屋倒壊により多くの人命が奪われた。

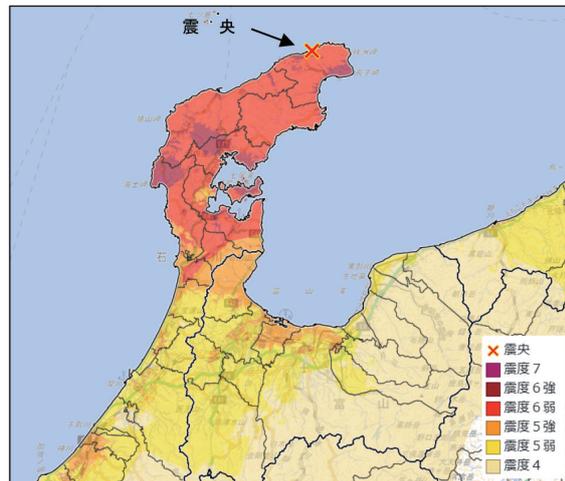


図1 推計震度分布図²⁾

2.2 被害特性

この地震の影響で、能登半島北岸の広範囲で地盤が隆起するなど、大規模な地殻変動が確認された。衛星「だいち2号 (ALOS-2)」の合成開口レーダ画像の解析では、輪島市西部で最大4m程度の隆起、最大2m程度の西向きの変動が検出された。実際、漁港施設等が大きな被害を受け、輪島市西部の鹿磯漁港では岸壁が約4m隆起し、海底が露出して漁港機能が失われた。輪島市門前町では約5.5m隆起したとの報道もある³⁾。

また、激しい揺れにより家屋や施設被害が多発した

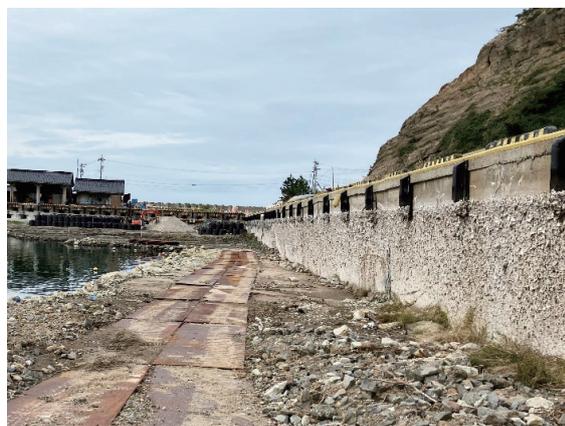


図2 地盤隆起(鹿磯漁港・輪島市門前町)



図3 地震によるビル倒壊（輪島市河井町）

ことに加え、斜面崩壊や地すべりなど土砂災害も相次ぎ、山間部では崩れた土砂により各地で河道が閉塞し、多くの箇所です砂ダムが形成された。

国土管理・コンサル部会では、金沢市本社の（株）北日本ジオグラフィの支援のもと、発災後10ヵ月を経過した2024年11月1日に現地を訪れ、地盤隆起や、家屋やインフラ施設の被害状況等を目の当たりにする機会を得た。図2、図3に現地の被災状況写真を示す。

2.3 測量業界の対応

2.3.1 航空機による斜め写真撮影

航空測量会社各社においては、発災当日に撮影準備・計画を行い、翌1月2日に斜め写真撮影を実施して、上空からの被災状況確認と関係機関への情報提供、各社ホームページを通じた情報発信が迅速に行われた（図4⁴⁾、図5⁵⁾）。

斜め写真撮影を実施した1月2日は、午後から航空局より飛行自粛の依頼があり、救助活動を行っている航空機の安全運航を確保するため、高度5000ft（約1,500m）以下の飛行が制限され、通常の倍以上の高



図4 火災跡・河川濁水状況（輪島市）⁴⁾



図5 津波被災状況（珠洲市宝立町）⁵⁾

度からの撮影を強いられる状況であった。撮影高度が高いと、上空から撮影対象の視認が困難であるが、事前の関係機関や報道からの情報活用に加え、パイロットや撮影士の適切な判断・技術力により、各社により被害状況が網羅的に撮影され、災害初動時に貴重な情報として活用された。

斜め写真は発災翌日昼頃の撮影となったが、写真を見ると河川の濁りが確認され、上流域で大規模な斜面崩壊とそれに伴う土砂流出が示唆されるなど貴重な情報も確認できた（図4）。

2.3.2 航空機による垂直写真撮影

地震発生を受け、国土地理院から日本測量調査技術協会に対し、「災害時における緊急撮影に関する協定」に基づく空中写真撮影の可否について事前調査の要請が入った。その後、協会から航空測量会社各社に対応可否の確認が行われ、対応可能な5社による緊急撮影（航空機による垂直写真撮影）が実施されることとなった。

垂直写真撮影は発災翌日の1月2日から開始され、能登半島を6地区に分割した上で、5社が分担してそれぞれの担当地区を撮影し、雲の影響による再撮影を行いながら、1月17日に能登半島全域の広域撮影が完了した。撮影された写真は撮影日ごとに速やかに国土地理院に伝送され、国土地理院ホームページに公開されるとともに、関係機関に提供されて地震後の初動対応に活用された（図6）⁶⁾。

また、国土地理院では簡易オルソ画像をもとに、漁港被災状況や、津波浸水域の推定、斜面崩壊・堆積分布などの判読作業を実施し、ホームページで公開している⁶⁾。



図6 垂直写真(輪島市内)⁶⁾

斜め写真が局所的な状況把握に優れているのに対し、垂直写真は同時性を確保しつつ、広域にわたる被害状況や地形変化を面的に把握できるという特徴がある。本災害では、垂直写真画像を判読・解析することで、陸化による影響が顕著な漁港施設や、山間部での地すべりや斜面崩壊の発生状況などが抽出された。また、斜め写真画像と併用しながら、多くの箇所でも河道閉塞箇所(土砂ダム)を確認し、その後の対応策の検討に役立てられた。

2.3.3 衛星による撮影・解析

災害時における人工衛星による撮影および解析の機会は年々増加しており、近年では小型衛星を活用した事例も多く見られるようになった。人工衛星による撮影の特徴の一つに「広域性」が挙げられるが、特に合成開口レーダ(SAR)センサは、天候の影響を受けにくく、夜間や悪天候時でも安定的かつ安全に画像(データ)を取得できる点で非常に有効である。

令和6年能登半島地震において、地震発生当日の1月1日23時に宇宙航空研究開発機構(JAXA)のSAR衛星「だいち2号(ALOS-2)」による広域観測が実施された。さらに、翌2日12時にも再度観測が実施され、同日中に国土地理院より地殻変動量の解析結果が公表された⁶⁾。

SAR衛星は宇宙から斜めに地表を観測する方式であり、干渉SAR解析⁷⁾では異なる時期に取得された画像の位相情報を比較することで、地表面が衛星に対して近づいたか、あるいは遠ざかったかを、面として把握することが可能である。これにより、ミリメートル～センチメートルオーダーで地表の変動が検出できる。ただし、地表の変動は3次元(東西、南北、上下)で

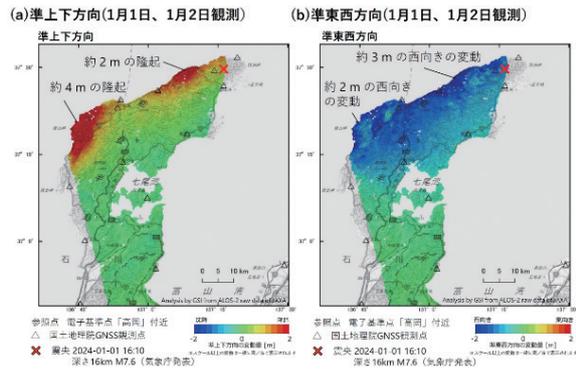


図7 干渉SAR解析結果による変動量⁸⁾

表現されるのが一般的であるのに対し、干渉SARで得られる情報は衛星と地表との視線方向に沿った一次元の変位であるため、隆起・沈降・水平移動を明確に区別することはできない。

図7は、北行軌道の西向き観測(2024年1月1日と2022年9月26日のペア)の干渉SAR解析結果と、南行軌道の東向き観測(2024年1月2日と2023年6月6日のペア)の干渉SAR解析結果を合成し、準上下方向と準東西方向の変動に分離したものである⁸⁾。これは2.5次元解析⁹⁾とよばれるものであり、衛星の進行方向が南北からわずかに傾いているため、電波の照射方向も厳密には東西から数度ずれており、「準」という表現が用いられている。

この解析結果から、輪島市西部では最大約4mの隆起および最大約2mの西向き変動が、珠洲市北部では最大約2mの隆起および最大約3mの西向き変動が確認された。これらの変動量は、大正関東地震(M7.9)など過去の主要地震を上回る隆起が生じたことを示している。

民間事業者においても1月2日朝よりSAR及び光学衛星による観測が開始され、同日中に公表された¹⁰⁾。本地震の特徴の一つとして海岸隆起及びこれに伴う海岸線の前進が挙げられる。

図8に「TerraSAR-X」による広域観測結果を示す。本図は地震約半年前のアーカイブ画像(2023年8月23日観測)と重ね合わせ、地震後の画像に赤色、地震前の画像に青色を割り当てている。この手法により、変化が生じた範囲が赤色または青色に強調される。特に能登半島北部の海岸線に沿って赤色の範囲が顕著に現れおり、海岸線の前進が確認された。

また地震より約1週間後には、複数のSAR衛星を用

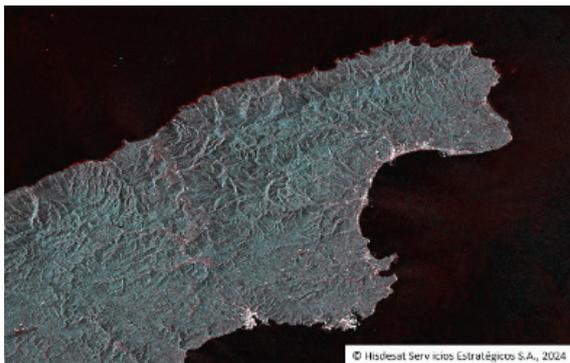


図8 地震前後のTerraSAR-X合成画像¹⁰⁾

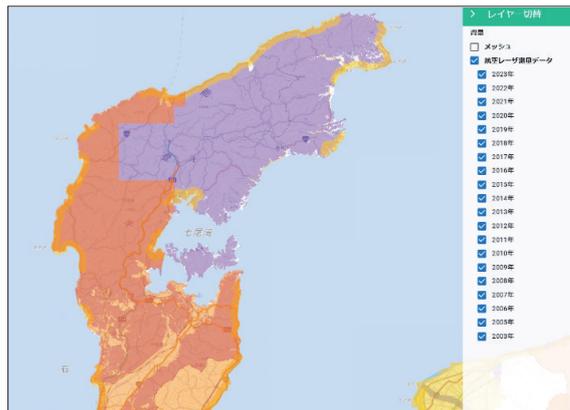


図10 航空レーザ測量データ整備状況¹²⁾

いた建物被害の推定が実施されている。使用されたSARデータはALOS-2 (Lバンド) 及び欧州宇宙機関 (ESA) が運用するSentinel-1 (Cバンド) である。これらの衛星によって取得された地震前後の画像に対し、干渉性の変化を解析することで、建造物被害が発生した可能性のある範囲と、相対的な被害の程度が推定されている (図9)¹¹⁾。両衛星は、観測に用いるマイクロ波の波長が異なるという特徴を持つ。この違いを活かし、それぞれの解析結果を組み合わせることで、被害状況の区分がより精緻に行われている。

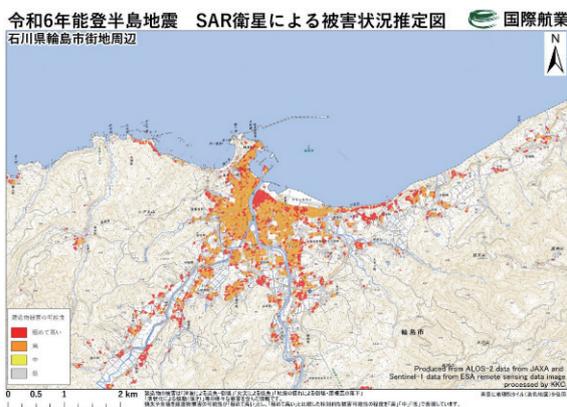


図9 建造物被害推定結果 (輪島市)¹¹⁾

2.3.4 航空レーザ計測

近年、航空レーザ測量による精密地盤高データの整備・蓄積が進み、能登半島地域においてもほぼ全域で地震前の航空レーザ測量データが整備されていた。日本測量調査技術協会の航空レーザポータルサイトでは、過年度に実施された航空レーザ測量の計測範囲等を閲覧ことができ、データ整備状況の迅速な把握に効果を発揮している (図10)¹²⁾。

能登半島では令和2年度及び令和4年度に石川県に

より、令和3年度には北陸地方整備局により、能登半島全域 (一部地域を除く) の航空レーザ測量データが整備されており、地震前の最新地形データが整備されている状況であった。

一方、地震発生後には1月14日、17日、31日に北陸地方整備局により航空レーザ測量が実施され、能登半島全域データが取得されている。

これら地震前後の航空レーザ測量データを用いて2時期の差分を解析することで、地盤変動を可視化することができる。図11は、差分解析結果をもとに、上下方向 (色分布) 及び水平方向 (ベクトル) の移動量を可視化 (解析は東西1km、南北0.75km単位で実施) したものであり、国土地理院による「だいち2号」のSAR解析結果と概ね一致した結果が得られている¹³⁾。

地震前後の航空レーザ測量データを活用することで、上下方向に加え、水平方向の地盤変動量も詳細に把握することができ、これらの成果は防災面での活用に加え、学術的にも非常に有効かつ貴重なデータと考えられる。

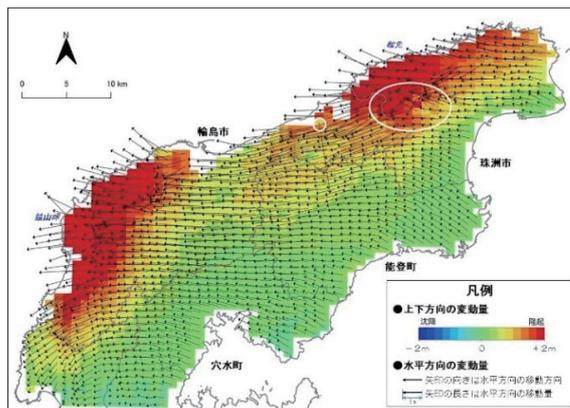


図11 LP差分解析による地盤変動量¹³⁾

2.3.5 地域業者の対応

地震発生後は、機動力の高い地域業者による迅速かつ地域に密着した対応が不可欠である。ここからは金沢市に本社を置く(株)北日本ジオグラフィによる発災直後からの現地対応状況について報告する。

(1) 地震発生後の初動対応

1月1日の地震発生時、筆者は石川県金沢市に滞在しており、経験したことのないような長く、強い揺れに身の危険を感じた。揺れが収まった後、家族の安全を確認し、直ちに地震情報を確認したところ、石川県能登に大津波警報、石川県加賀に津波警報が発令されていた。1月2日には、石川県と石川県測量設計業協会との災害協定に基づき復旧対応の準備が進められ、情報の収集・整理に奔走した。翌1月3日以降、復旧活動のため被災地へ向かったが、徐々に明らかになる目の前の被害の甚大さに唖然とした。

地震の発生源となった能登半島は三方を海に囲まれ、能越自動車道・のと里山海道(自動車専用道路)と国道249号・(主)七尾輪島線の2路線が南北方向の移動が可能であり、都市間を結ぶ主要な幹線道路が限られている。発災直後、前者の“のと里山海道”が通行不能となったため、多くの緊急車両が国道249号に集中し、著しい渋滞を引き起こした。そのため、通常の2~3倍の移動時間を要することとなった。このような状況の中、当社も震源に近い奥能登地域を担当することとなった。その奥能登地域では、最優先で主要拠点に向かうメインルートの2車線を確保するため、UAV(無人航空機)を活用した広域的な被災箇所の調査が要請された(図12)。

現地では被災箇所が多数点在し、道路上は至る所で落石や崩落、地割れが発生していた。さらに、例年



図12 最優先で調査されたメインルート



図13 地震による被災状況

に比べて積雪は少なかったものの、被災した路面状況が積雪で判別しにくく、常に走行の危険性を伴う調査であった(図13)。

(2) 復旧に向けた作業

復旧に向けた作業は、概ね以下の段階を経て進められた。

- ・被災状況の調査(令和6年1月)
- ・災害査定測量(令和6年2月~5月)
- ・詳細測量(令和6年5月~)
- ・用地測量(令和7年1月~)

発災後、道路、河川、橋梁、ダム、急傾斜地、港湾、漁港など多岐にわたるインフラの復旧作業に従事した。発災直後には、UAVを活用した空撮と地上調査を併用し、被災状況の広域調査を迅速に実施した。1月9日以降は、各施設の関係者と合同で、被災箇所の現地立会と協議を随時行った。現地調査では、管理施設ごとに各種台帳を基に徒歩で綿密な調査を行ったが、被災箇所が膨大であったことに加え、台帳が古いものが多く、調査は難航した。

今回の災害復旧において特筆すべきは、発災直後から被災状況の確認にUAVが極めて有効に活用された点である。従来の調査手法では危険が伴い、アクセスが困難であった場所も、UAVによる斜め撮影、垂直撮影によって安全かつ迅速に調査することが可能となった。調査結果については地上からの被害状況の写真とともにGISにて整理した(図14)。これにより、被害の全体像を早期に把握し、その後の復旧作業の箇所を効率的に管理することができた。

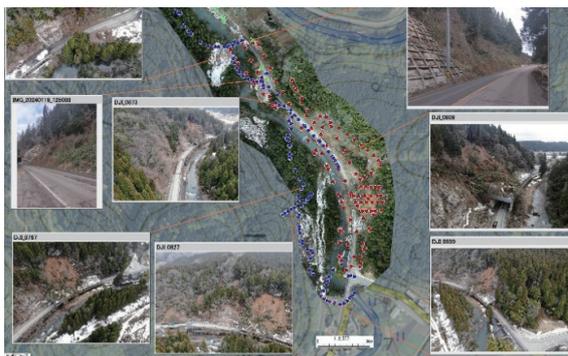


図14 GISを活用した被災状況調査図

(3) 大規模災害時におけるUAVの運用

今回の災害復旧において発災直後からUAVが有効的に活用された。しかし、能登半島全域が国土交通省により緊急用務区域に指定された中での運用となった点が、大きな特徴の一つである(図15)¹⁴⁾。

1月2日12:00から北緯37度以北の能登半島全域の陸地(石川県輪島市、珠洲市、穴水町、能登町、七尾市、志賀町、中能登町)が緊急用務区域に指定され、無人航空機(ドローンなど)の飛行が原則禁止された。筆者は、緊急用務区域がこれほど広範囲に指定された空域での飛行経験がなく、関係機関への情報収集に追われた。

その後当社は、災害などの対応を目的に、国若しく

令和5年度緊急用務空域 公示第5号

国土交通省

令和6年1月1日に石川県能登地方で発生した令和6年能登半島地震について、以下のとおり国土交通大臣による航空法第132条の85による無人航空機の飛行禁止空域の指定を行いました。
なお、航空法第134条の3による航空機の飛行に影響を及ぼすおそれのある行為(風、気球等)の許可及び通報についても適用になります。

公示空域(石川県輪島市、珠洲市、穴水町、能登町、七尾市、志賀町、中能登町)

- 公示日時: 令和6年1月2日12時00分
- 公示管理者: 国土交通省航空局
- 公示管理番号: 令和5年度緊急用務空域 公示第5号
- 公示本文: 次のとおり航空法第132条の85第1款第1号の規定により令和5年度緊急用務空域第5号を指定する。
- A) 関係都道府県: 石川県(E項に詳述)
- B) 開始: 令和6年1月2日12時00分
- C) 終了: 別途通知するまで
- D) 時間帯: 日出/日没
- E) 区域: 以下の示す範囲
 - ・北緯37度以北の能登半島全域の陸地(石川県輪島市、珠洲市、穴水町、能登町、七尾市、志賀町、中能登町)
- F) 下限高度: 地上
- G) 上限高度: 地上から600m

航空法第132条の92の適用を受けて飛行させる場合を除き、当該空域での無人航空機の飛行を原則禁止します。
なお、今後の状況に応じ、緊急用務空域を指定する期間・範囲・高度を変更する可能性があります。航空局ホームページ等において、最新の情報を確認してください。

図15 令和5年度緊急用務空域¹⁴⁾

は地方公共団体又はこれらの者の依頼を受けた者として、「航空法第132条の92の適用を受け無人航空機を飛行させる場合の運用ガイドライン」に基づき、連日、自衛隊等の関係機関と密に連絡を取りながら被害状況の調査にあたった。この経験から、大規模災害時におけるUAVの運航ルールと、関係機関との連携の重要性が改めて認識された。

(4) 通信インフラ被害と作業への影響

地震の影響により、通信インフラは甚大な被害を受けた。携帯電話の通話は可能な箇所もあったが、データ通信ができない状況が続き、被災状況の写真やデータの転送が困難となった。さらに、1月5日には被災地域及びその周辺に位置する電子基準点の測量成果の公表停止が発表され、成果停止となった点を対象に、VRS(仮想基準点)のリアルタイム配信データが停止したため、VRSを用いた観測が不可能となった。近年のデジタル化が進んだ測量の現場作業では、データの転送や取得が不可欠であるため、通信障害が発生すると作業に著しい支障をきたすことが改めて浮き彫りとなった。

その後、移動基地局車、可搬型の衛星アンテナ、可搬型の発電機が順次搬入され、1月中には通信インフラの応急復旧が完了し、通信状況は徐々に回復した。しかし、VRSの利用は、2月上旬に電子基準点の成果が改訂され、公開が再開されるまで、正規の使用は不可能であった。この事態は、災害時の通信インフラの脆弱性と、それに依存する測量システムの課題を浮き彫りとすることとなった。

(5) 若手・女性技術者の活躍

地震災害後の迅速な復旧を目的として、設計図書に添付する写真や図面は簡素化された。この簡素化に

に伴い、UAVで撮影した写真や、点群データから作成した代表断面図が積極的に活用された。特に若手技術者は、UAVによる被災状況の空撮やレーザ計測を主導し、迅速かつ広範囲にわたる災害調査に貢献した。これは、従来の調査手法では困難だった、立体的な被災状況の把握を可能にした(図16、図17)。

また従来、災害現場での測量作業は肉体的な負担が大きく、女性技術者が従事する機会は限られていた。しかし、今回の災害対応では、電子レベルやTS(トータルステーション)の自動追尾・自動視準機能、スマートフォン等で動作する観測アプリといった機器が詳細な測量作業の効率を大幅に向上させた。これにより、測量作業における体力的な負担が大幅に軽減され、女性技術者も詳細な測量作業において中心的な役割を担うことができた。このことは、性別に関わらず、技術者がそれぞれの能力を最大限に発揮できる新しい働き方を示唆している。

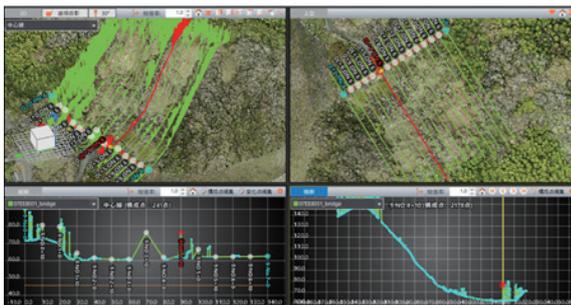


図16 三次元点群データからの縦横断面図作成



図17 被災した能登大橋の三次元点群データ

(6) 災害現場における復旧作業の課題

今回の地震災害における復旧活動は、様々な困難を伴った。余震が続く中での作業に加え、地割れの上に積もった雪が路面状況の判断を困難にし、運転や作業の危険性を高めた。沿岸部での作業では津波への警戒が不可欠であり、夏季の復旧作業においては熱中症対策も重要な課題だった。

被災地では、宿泊施設や食料品といった生活物資、さらには作業車両の修理工場や燃料、トイレも不足していた。このような状況下での作業を円滑に進めるため、当社では自己完結型の対応を徹底した。具体的には、非常食、蓄電池、寝袋、簡易トイレといった生活用品に加え、救急用品、燃料、パンク修理キットなど必要な物資を事前に準備し、個々の作業班が外部からの支援に頼らずに作業できる体制を構築した。この体制は予測不能な状況が続く災害現場において、作業の継続性を確保する上で不可欠だった。

(7) 新技術の活用とデータ共有の進展

今回の災害では、UAV写真撮影やUAVレーザ、MMS、TLSなどの新技術が導入され、三次元点群データを活用した広域かつ迅速な被災調査が可能となった。特にUAVレーザは、その有効性が改めて認識され、石川県内の関連企業でも本格的な導入を促す契機となった。一方で、大容量データの頻繁な取り扱いは新たな課題を生じさせた。発災当初の混乱から、組織間の連携不足による必要とするデータの相違や、PCスペック・通信環境の制約によるデータ送受信の遅延が頻発した。また、データ破損が多発したため、HDDなどの物理的な記録媒体でデータをやり取りする必要もあった。

この経験は、大容量データに対応したファイル転送サービスやクラウドストレージサービスの利用を、受発注者双方に広めるきっかけとなった。これは、今後の災害対応におけるデータ共有の標準化に向けた大きな進展と言える。

(8) 測量基準の変動と課題

今回の地震災害における復旧作業では、調査・測量時期や担当者によって成果の基準が異なるといった課題に直面した。これは、発災直後の任意座標や暫定値、地震後の測量成果への座標補正、そして令和7年度の測地成果改定といった、複数の測量基準が混在していたためである。この基準の不統一は、本格的な復旧工事を計画する上で混乱を招き、令和7年度初頭には、発注者や関連業者から多くの相談が寄せられた。幸い、当社では初期段階からすべての成果物に調査・測量時期を明確に記載していたため、混乱を避けることができた。この経験から、災害時の測量データには、その取得時期を明記することの不可欠性を改めて認識した。

3. 令和6年奥能登豪雨

3.1 概要

能登半島地震からの復旧・復興途上の中で、奥能登地方を中心に記録的な豪雨に見舞われ、各地で甚大な被害が発生した。

9月20日頃から前線が日本海から本州付近に停滞し、暖かく湿った空気が流れ込んで大気の状態が不安定となり、21日には奥能登地域で線状降水帯が発生、大雨特別警報が発表されるなど記録的な大雨となった。9月21日から23日にかけての輪島観測所（気象庁アメダス）では最大1時間雨量が121mm、最大24時間雨量が412mm、最大48時間雨量が498.5mmでいずれも観測史上1位を記録した。線状降水帯が停滞したことにより非常に強い雨が長時間継続したことが甚大な被害につながった（図18）¹⁵⁾。

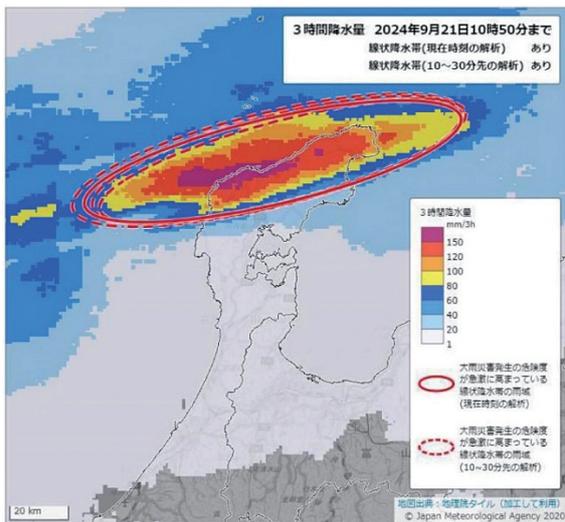


図18 雨量分布（3時間降水量）¹⁵⁾

3.2 被害状況・被害特性

この奥能登豪雨災害では、地震で被災した地域が約8ヶ月後に豪雨により再び被災し、「複合災害」という言葉が注目された。地震により山間部で斜面崩壊が多発し、各地で河道閉塞が発生している中、豪雨により多くの河川で大量の土砂や流木を伴う土砂・洪水氾濫が発生した。被害は甚大かつ広範囲に及び、多くの人命が奪われた。

奥能登の河川は総じて流域面積が小さく、勾配が急で流路も短いため、豪雨により急激な水位上昇を招くとともに、上流から供給された流木が橋梁に捕捉され、また土砂が河床を埋めることで流路が変化し、氾濫

流が人家を直撃して家屋が流失するなど、甚大な被害につながった。

3.3 測量業界の対応

3.3.1 航空機による斜め写真撮影

線状降水帯が発生した9月21日に輪島市内を流れる塚田川など多くの河川が氾濫した。航空測量会社各社においては、降雨がおさまった9月23日から斜め写真撮影を実施し、被災状況の確認が行われた（図19）¹⁶⁾。



図19 鈴屋川（輪島市町野町）の氾濫状況¹⁶⁾

各社とも河川の氾濫状況や家屋等の被害状況、今回豪雨で新たに発生した斜面崩壊状況などを撮影し、それぞれホームページで公開するとともに、撮影した画像を関係機関に提供し、豪雨災害の初動時に活用された。

3.3.2 航空機による垂直写真撮影

奥能登豪雨災害の発生後、2024年9月23日および24日に国土地理院により垂直写真撮影が実施され、オルソ画像が作成されるとともに、斜面崩壊地や土石流範囲、堆積箇所などの判読が行われ、地理院地図に掲載されている。

豪雨災害発生前後のオルソ画像を比較することで、土砂洪水氾濫による氾濫状況や橋梁閉塞状況、河道の埋積や流木堆積状況などを確認することができる（図20）¹⁷⁾。

3.3.3 衛星による撮影・解析

奥能登豪雨においても光学及びSAR衛星による観測が実施されている¹⁸⁾。

近年、人工衛星の地上分解能は向上しており、災害時に高分解能（30cm）の光学衛星が使用されるケー

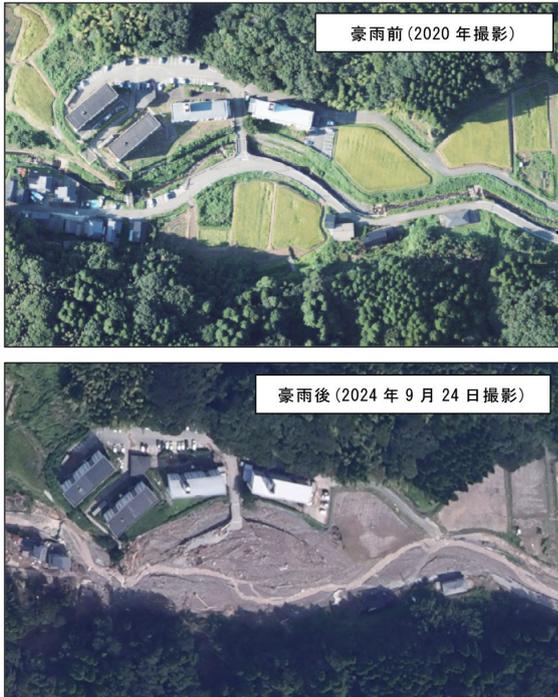


図20 奥能登豪雨前後の航空写真¹⁷⁾

スも増えている。本報告では高分解能光学衛星「Pléiades Neo」の活用事例について紹介する。同衛星による観測は豪雨後の2024年9月24日に実施されている。衛星の広域性と高分解能を活かし、被害の大きかった塚田川及び若山川を対象に、河口から上流域までの範囲を地形データと組合せ、3次元ビジュアライゼーションソフトウェア「Skyline TerraExplorer (テラエクスプローラー)」に取り込み、映像として表現し、「Youtube」にて公開している。

図21に動画のキャプチャ例¹⁸⁾を示す。30cmの高分解能画像では、木造住宅の被害程度や、車両・流木等も視認可能であることがわかる。

なお、同衛星画像の3次元動画化は「能登半島地震」でも行なわれているが、本投稿では紙面の都合上割愛した。



図21 動画キャプチャ(珠洲市若山川)¹⁹⁾

3.3.4 航空レーザ計測

奥能登豪雨災害後の航空レーザ測量は、国土交通省北陸地方整備局により実施されている。同じく北陸地方整備局により実施された地震後のデータと合わせて、豪雨災害前後における2時期のデータが整備された。

国土交通省による「能登半島での地震・大雨を踏まえた水害・土砂災害対策検討会」では航空レーザ測量の差分解析結果から、豪雨前後の土砂移動状況などを定量的に評価している²⁰⁾。

3.3.5 地域業者の対応

「2.3.5 地域業者の対応」と同様、(株)北日本ジオグラフィによる奥能登豪雨災害時の現地対応状況について報告する。

(1) 豪雨災害後の初動対応

令和6年9月21日、石川県で線状降水帯が発生した。筆者はその前日、能登半島地震の復旧作業のため珠洲市に滞在していた。その日の夕方、珠洲市での復旧作業を終え、その帰路の途中、のと里山海道(自動車専用道路)から西の空が暗く雲に覆われていることに気づきつつも、天気が悪くなる前に作業が終えて安堵していた。その日の“のと里山海道(自動車専用道路)”は三連休を前に帰路に就く多くの作業車で混んでいたが、乗車していた技術者の多くは同じ気持ちでいたに違はなく、まさかそれが甚大な被害をもたらすとは想像すらしていなかった。

翌22日は、金沢市にいたが午前から雨が降り続いていた。石川県能登では、線状降水帯による記録的な豪雨となり、輪島市や珠洲市では観測史上1位の値を更新した。



図22 被災した山王川(輪島市)



図23 被災した鈴屋川(輪島市)

この大雨により、石川県輪島市、珠洲市、能登町に大雨特別警報が発表され、土砂災害、河川の増水・氾濫、低地の浸水といった被害が広範囲に発生した。(図22、図23)

(2) 災害対応と新たな課題

9月22日15:00から石川県輪島市、珠洲市、穴水町、能登町が緊急用務空域に指定され、UAV(無人航空機)の飛行が原則禁止された。しかし、令和6年能登半島地震での経験から、この対応はスムーズに行われ、翌23日には被害状況が明らかになり、UAVによる河道閉塞などの調査を迅速に実施した。

しかし、この豪雨は、地震による被災箇所にとさらなる被害をもたらした。日が経つにつれ、道路、河川、急傾斜地を中心に新たな被害の拡大が確認され、地震復旧作業のやり直しを余儀なくされる箇所も多数存在した。(図24)



図24 斜面災害及び家屋被害状況(珠洲市)

(4) 災害の複合性と教訓

以前、平成28年熊本地震を経験した同業者から、「大

きな地震があった年は、豪雨災害の可能性が高まる」という助言を受けていた。地震後、頭の片隅にその言葉が残っていたが、それが現実のものとなるとは思わなかった。今回の豪雨災害は、特に能登半島の北側で甚大であり、一部では地震による被害を上回るほどだった。

地震時のように広範な交通や通信の混乱はなかったものの、被災現場は足の踏み場もないほどの惨状であり、地震と豪雨という複合災害がもたらす深刻な影響を改めて痛感した。この経験は、将来の災害対応において、複数の災害リスクを考慮した備えの重要性を示唆している。

4. 大規模災害時における既存データの有効性

災害時に効果的な初動対応を行うためには、様々な機関が取得した情報を共有し、有効に活用する必要がある。能登半島地震、奥能登豪雨災害においても、国土地理院や航空測量業界、地域企業が取得したデータがホームページなどで順次公開され、災害時の貴重な情報として有効に活用されている。

国土地理院の「地理院地図」では能登半島地震や奥能登豪雨時に撮影した垂直写真や正射画像や、斜面崩壊や堆積分布などの判読結果も確認することができる。また、過去に撮影された年代別の写真に加え、治水地形分類図や土地条件図など、災害と密接に関わる地理情報も合せて見ることができ、被災状況やその要因などを検討する際に非常に有効なツールとなっている。

航空レーザ測量については、過去のデータ取得状況が日本測量調査技術協会の「航空レーザ測量ポータルサイト」に集約され、データ整備状況や計測期間、管理者など基本情報を容易に確認することができ、効果を発揮している。

また、航空レーザ測量データ等について、G空間情報センターを通じたデータ流通も行われている。図25は、G空間情報センターのデータセット²¹⁾の一部で、能登半島地震前に石川県が実施した航空レーザ測量データ(グラウンドデータなど)を申請不要・無償でダウンロードすることができる(ただし、商用利用することはできない)。こうしたデータ流通環境が整備されることで、地域企業を含め様々な関係者においてデータ利活用が促進され、災害時の迅速対応や適切で効

令和6年能登半島地震 能登西部グラウンドデータ（発災前）

図25 G空間情報センターの画面²¹⁾

果的な初動対応に寄与している。

5. 大規模災害時のUAV活用場面と課題

「2.3.5 地域業者の対応」でも述べた通り、今回の災害復旧ではUAVが極めて有効に活用された。各地で斜面災害が多発し、道路途絶が発生するなどアクセスが極めて困難な調査箇所においても、UAVによる斜め・垂直撮影によって安全かつ迅速な調査が可能となった。

一方で、発災後は能登半島全域が緊急用務区域に指定され、UAVの運航に混乱が生じた面もあった。最終的には1月4日に石川県がUAV飛行を許可し関係機関に通達、翌5日からUAVの運航が可能な状況となった。大規模災害時におけるUAVの運航ルールと、関係機関との連携の重要性が改めて認識されることとなった。

また、能登半島地震が激甚災害に指定されたことを受け、「大規模災害時の災害査定効率化（簡素化）及び事前ルール」が適用され、災害査定の効率化が図られることとなった。特に設計図書の簡素化に伴い、測量・作図作業等の縮減や、被災箇所付近に近寄れない現場に対する航空写真活用などが認められ、UAVの有効活用促進を後押しした面がある。

被災現場へのアクセスの容易性、データ取得の迅速性、災害査定関連の設計図書作成の効率化などのメリットが発現され、測量調査会社から設計業者、工事業者へのデータの受け渡しなどデータ流通が円滑に行われる効果もあった。

災害時において、UAVの活用がさらに促進されるよう、技術面の進展に加え、今後の運用面での工夫が求められる。

6. 大規模災害時に測量業界に求められる役割

6.1 能登半島災害からみた測量業界の課題

大規模災害時に測量業界には迅速な初動対応から復旧・復興に至るまで、多岐にわたる役割が求められる。特に、被害状況の迅速な把握と正確なデータ共有は、その後の復旧作業を実施する上で不可欠である。しかし、今回の災害経験から、以下のような課題が浮き彫りになった。

課題1：データと連携の不統一

災害発生直後は混乱と情報不足から、被害状況データの重複や組織間の連携不足が頻繁に発生した。大容量データの取り扱いも、PCスペックや通信環境の制約、さらにはデータ破損によって、HDDなど物理的な記録媒体でデータをやり取りせざるを得ない状況も多く見られた。

課題2：測量基準の複雑化

災害直後から復旧段階に至るまで、測量基準が複数混在することも大きな課題だった。任意座標から暫定値、そして地震後の測量成果に補正するための座標補正や測地成果の改定など、時期によって異なる基準が入り混じったことで、円滑な作業を妨げる要因となった。

課題3：人材とリソースの制約

地域では、災害対応に必要な測量リソースや、空間情報技術の専門知識を持つ人材が限られている。また、複合災害が頻発する現状において、災害対応と通常業務を両立させることは、現場技術者の働き方を逼迫させる原因となっている。

6.2 今後の対応策と測量業界の展望

これらの課題を解決し、より効率的な災害対応を実現するためには、以下の施策を平時から実践しておくことが不可欠と考える。

(1) インフラの強靱化と技術の導入

災害時に被害を受けやすい通信インフラを強化するため、Starlinkなどの衛星通信技術の導入を検討すべきである。また、UAVやレーザ計測といった新しい技術を積極的に導入するとともに、従来の測量手法と組み合わせ、状況に応じた最適な技術活用を促進する必要がある。

(2) データ共有と標準化の推進

大容量データを円滑に共有するため、ファイル転送

サービスやクラウドストレージサービスの導入・活用を標準化し、情報の重複や破損を防ぐ仕組みを構築することが重要である。これにより、組織間の連携を強化し、迅速な情報共有が可能となる。

(3) 人材育成と働き方の改革

復旧・復興の各段階で空間情報技術を最大限に活用できるよう専門知識を持つ人材の育成が急務である。同時に災害対応に特化したチームの編成や、通常業務との切り分けを明確にすることで現場技術者の負担を軽減し、より効果的な活動を可能にする働き方の改革も求められる。

7. おわりに

能登半島地震および奥能登豪雨災害では、その被害の大きさや特殊性もあり、測量業界に新たな課題が突き付けられた。一方で、本災害への対応を通じて課題解決策もみえてきた。地震や豪雨、火山など激甚な災害が頻発する中においても、測量業界として最新技術の活用や人的リソースの確保を進め、「6.2今後の対応策と測量業界の展望」で挙げた対応策を進めていかなければならない。

本報告では取り上げなかったが、地震による液状化被害も各地で発生しており、地盤が流動した後の土地境界確定作業も進められている。

また、地盤隆起、地形変化の既存ハザードマップへの影響は不可避であり、マップの見直しが急務となる。今回の豪雨災害では洪水に加え、土砂や流木も相まって流下する土砂・洪水氾濫が顕著で、マップ作成の前提条件見直しも求められる。地震の反動により今後50年間で最大30cm沈降するといった報告²²⁾もあり、水害ポテンシャルの高まりも懸念される。

このような状況に対応するためには精度の高い測量データを効率的に取得・蓄積し、効果的に活用することが必要不可欠であり、測量業界に求められる役割は山積している。本災害で経験したことを活かし、明らかとなった課題に適切に対応すべく、測量業界として災害対応力を継続的に強化していかなければならない。

■参考文献

1) 中村明彦・小林雅弘・下村博之・吉川和男・有賀夏希・岩井清彦・阪本真吾：豪雨災害

時の被災状況把握技術とその多様化・多重化、先端測量技術119号、pp.47-58、2023.

- 2) 気象庁ホームページ, https://www.jma.go.jp/bosai/map.html#7/36.781/137.42/&contents=estimated_intensity_map&id=202401011610
- 3) 富山大学都市デザイン学部地球システム科学科：ホームページ, https://www.sus.u-toyama.ac.jp/2025/news/coastal-uplift_report/
- 4) アジア航測株式会社：ホームページ, <https://www.ajiko.co.jp/disaster/1439>
- 5) 株式会社パスコ：ホームページ, <https://corp.pasco.co.jp/disaster/earthquake/20240102.html>
- 6) 国土地理院：ホームページ, https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html
- 7) 国土地理院：ホームページ, https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar_mechanism.html
- 8) 国土地理院：ホームページ, <https://www.gsi.go.jp/common/000254529.jpg>
- 9) 国土地理院：ホームページ, https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar_3d.html
- 10) 株式会社パスコ：ホームページ, <https://corp.pasco.co.jp/disaster/earthquake/20240102.html>
- 11) 国際航業株式会社：ホームページ, <https://www.kkc.co.jp/disaster/2024/01/令和6年能登半島地震/>
- 12) 公益財団法人日本測量調査技術協会：航空レーザ測量データポータルサイト, https://sokugikyo.com/laser_portal/map
- 13) アジア航測株式会社：ホームページ, 令和6年能登半島地震で生じた地盤変動とそ

- の特徴, https://www.ajiko.co.jp/upload/tecreport_docs/2025/ff2025_13.pdf
- 14) 国土交通省：ホームページ, https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html
- 15) 気象庁、低気圧と前線による大雨 令和6年(2024年)9月20日～22日、気象庁、令和6年10月29日
- 16) アジア航測株式会社：ホームページ, <https://www.ajiko.co.jp/disaster/1523>
- 17) 国土地理院：地理院地図, https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R6_noto_heavyrain.html
- 18) 株式会社パスコ：ホームページ, <https://corp.pasco.co.jp/disaster/heavy-rain/20240922.html>
- 19) 株式会社パスコ：ホームページ, <https://www.youtube.com/watch?v=tO5JZWF Cz88>
- 20) 国土交通省：ホームページ, 能登半島での地震・大雨を踏まえた水害・土砂災害対策検討会, https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kentoukai/noto_kentoukai/index.html
- 21) G空間情報センター：ホームページ, https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/?q=%E8%83%BD%E7%99%BB%E5%8D%8A%E5%B3%B6&sort=metadata_modified+desc&ext_rows=20
- 22) 北國新聞：ホームページ, 七尾以北の地盤、最大30センチ沈降か 今後50年間、津波や高潮被害深刻に 能登半島地震受け調査, <https://www.hokkoku.co.jp/articles/-/1819850>

■執筆者

国土管理・コンサル部会

中村 明彦 (アジア航測株式会社)

小中 真道 (株式会社北日本ジオグラフィ)

吉川 和男 (株式会社パスコ)

大山 容一 (国際航業株式会社)

小林 雅弘 (アジア航測株式会社)