

令和6年能登半島地震に関する国土地理院の対応 Responses of GSI to the 2024 Noto Peninsula Earthquake

企画部 防災課 Planning Department, Disaster Management Division

防災・地理空間情報企画センター 防災企画調整課 Disaster and Geospatial Information Planning Center, Disaster Planning and Coordination Division

要 旨

国土地理院は、災害対策基本法に基づく指定行政機関として、測量・地図分野の最新技術を活用し、救命・救助活動及び復旧・復興に寄与するため、災害発生時に被災状況の把握を行い、災害対策に必要な地理空間情報を府省庁、地方公共団体等の関係機関及び国民に提供している。令和6年能登半島地震においても、発災直後から地殻変動解析、空中写真撮影、空中写真判読による被災状況の把握等を迅速に行い、災害の様相を明らかにする地理空間情報等の関係機関への提供や国土地理院ウェブサイト上の「令和6年能登半島地震に関する情報」ページからの情報公開を行っている。本稿ではこれらの取組について紹介する。

1. 令和6年能登半島地震の概要

令和6年1月1日16時10分頃に石川県能登地方で発生した気象庁マグニチュード(M_j) 7.6の地震では、輪島市及び志賀町で震度7を観測したほか、石川県を中心に北海道から九州地方にかけて震度6強～1を観測した。また、北海道から九州地方にかけての日本海沿岸を中心に津波を観測した。その後も石川県能登地方を中心に非常に活発な地震活動が続き、11月15日16時時点で1月1日16時06分の最大震度5強の地震以降、震度1以上を観測した地震は1,959回発生している(気象庁, 2024)。この地震による人的被害は、10月29日14時時点で死者412人、負傷者1,341人、住家被害は136,590棟となっている(消防庁, 2024)。能登半島は、令和2年12月から地震活動が活発となっていた地域であり、気象庁では、本地震及び令和2年12月以降の一連の地震活動について、名称を「令和6年能登半島地震」(以下「能登半島地震」という。)と定めている。

国土地理院本院(以下「本院」という。)では、地震発生時刻から災害対策活動体制を【非常体制】と特定するとともに、国土地理院災害対策本部を設置した。災害対応に従事する職員は、本院及び東京オフィスに参集し、情報収集や国土地理院災害対策本部会議の準備などの災害対応を開始した。

なお、災害対応活動に係る方針を決定する国土地

理院災害対策本部会議は、1月1日(18時50分)の第1回開催をはじめ、3月22日までに18回開催した。

北陸地方測量部の体制等については、国土地理院(2024a)で述べる。

2. 地殻変動の把握

2.1 電子基準点観測データの解析

国土地理院では、GNSS連続観測点である電子基準点を全国約1,300か所に設置し、地殻変動を常時監視している。1月1日16時10分頃に発生した地震について、震源域周辺の電子基準点で観測されたデータをリアルタイム解析した結果、震源に近い電子基準点「輪島」(石川県輪島市)が西方向に約1.3m(暫定値)変動したのをはじめ、能登半島を中心とした地域で大きな地震時地殻変動が観測された。この結果は、電子基準点による地殻変動の第1報として、発災当日に国土地理院ウェブサイト上の「令和6年能登半島地震に関する情報」ページ(以下「特設ページ」という。)から公開した。その後、停電や通信障害から復旧した電子基準点及び可搬型GNSS連続観測装置(REGMOS)の観測データを取り込み、また、解析に使用するGNSS衛星の軌道情報を更新するなど、2月15日までに地震時地殻変動に関する情報を5回にわたって更新した。なお、電子基準点「能登島」(石川県七尾市)及び「富来」(石川県羽咋郡志賀町)については、現地調査の結果、局所的な変動があったことを確認したため、地震の発生に伴う地殻変動と言えないことから、ベクトル図等の資料から除外している。詳細は越智ほか(2024)で述べる。

最終第5報では地震時地殻変動は能登半島から新潟県にかけての広範囲で確認され、電子基準点「輪島2」においては最大約2.0mの南西方向の変動、約1.3mの隆起を捉えた(図-1。詳細は越智ほか, 2024を参照)。こうした地殻変動の情報は、府省庁、地方公共団体等の関係機関(以下「関係機関」という。)等に随時提供した。

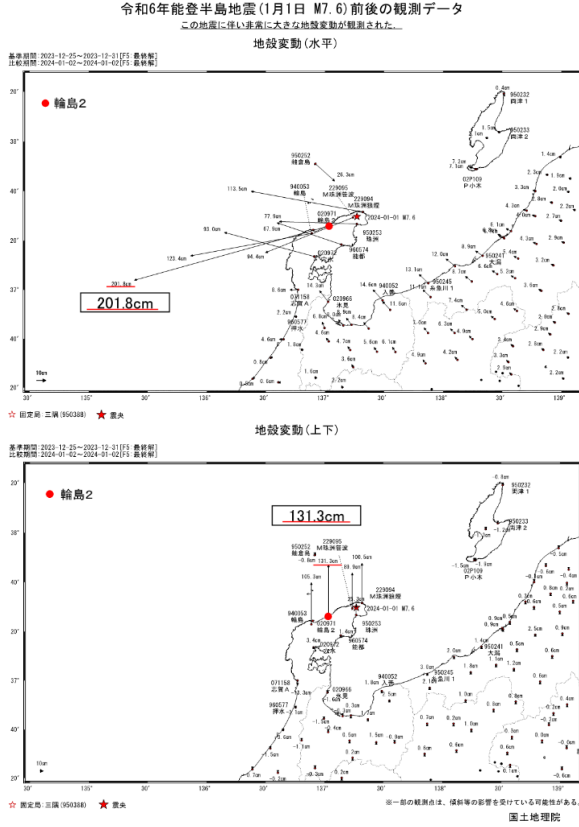


図-1 令和6年能登半島地震に伴う地殻変動(第5報)

2.2 「だいち2号」観測データの解析

電子基準点の解析結果に加え、広範囲を面的に観測できる陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(以下「だいち2号」という。)の緊急観測データを用いたSAR干渉解析、ピクセルオフセット法による解析、2.5次元解析を1月2日から1月19日にかけて実施し、能登半島全域の地殻変動を明らかにした。2.5次元解析の結果では、輪島市西部で最大約4mの隆起、最大約2mの西向きの変動、珠洲市北部で最大約2mの隆起、最大約3mの西向きの変動が見られた(図-2)。詳細は石本ほか(2024)で述べる。

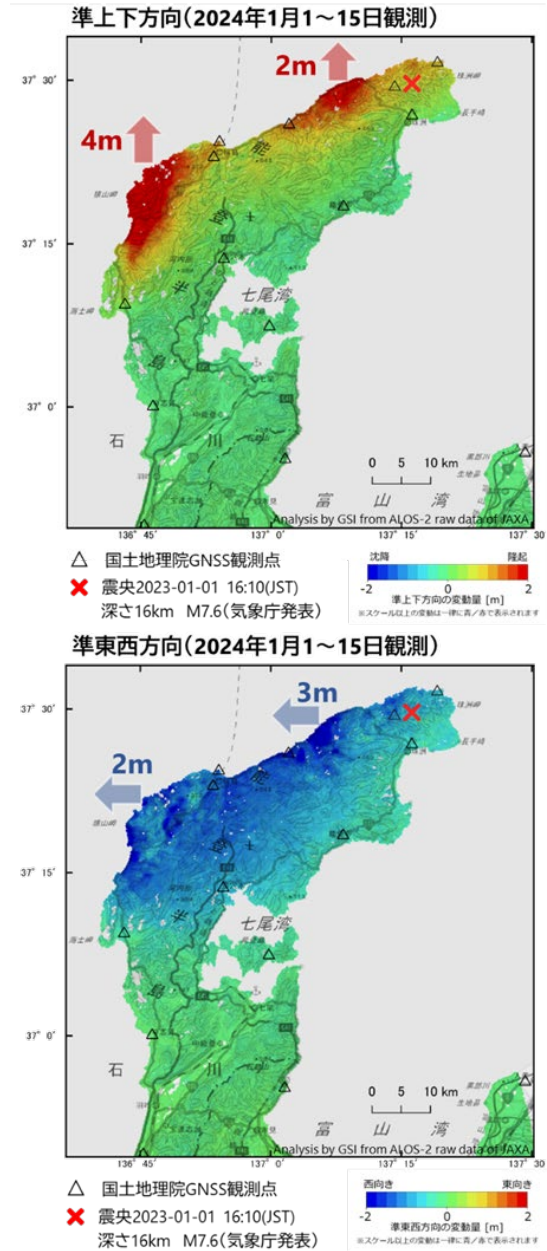
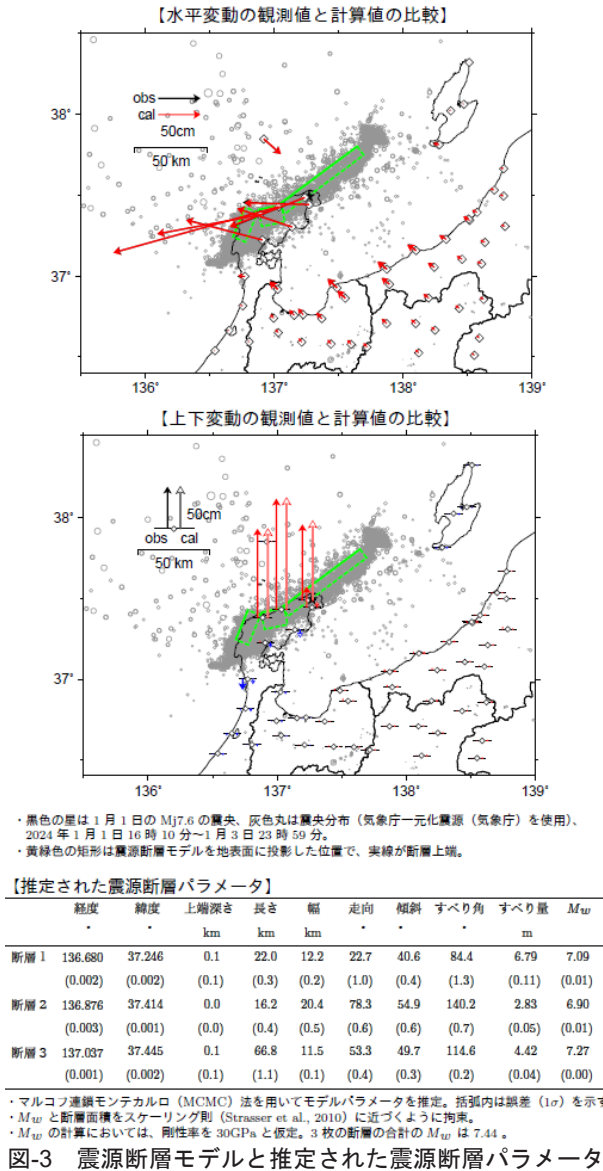


図-2 2.5次元解析結果による変動量

2.3 震源断層モデルの推定

電子基準点のデータ解析及び「だいち2号」による観測データの解析で得られた地殻変動に基づき、震源断層モデルの推定を行い、3枚の矩形断層を推定した(図-3)。推定されたすべり量は最も大きいもので6.79m、断層パラメータから計算される地震規模はMw7.44であり、地震波から推定される規模と同程度であった。詳細は水藤ほか(2024)で述べる。

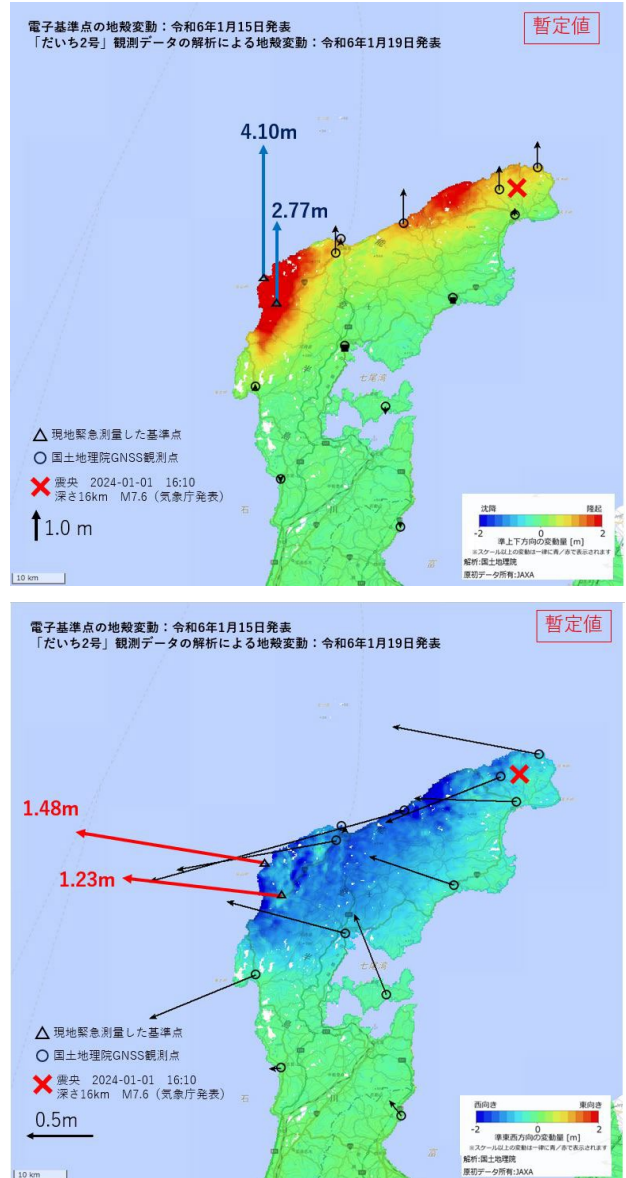


2.4 現地緊急測量の実施

「だいち2号」による観測データの解析では、能登半島西部で約4mの隆起という非常に大きな地殻変動が見られていた。この地域での地殻変動をより正確に把握するため、国土地理院緊急災害対策派遣隊 (TEC-FORCE) (以下「TEC-FORCE」という。) の被災状況調査班を1月20日～21日に派遣し、現地の基準点において緊急測量 (GNSS 観測) を実施した。その結果、最大で4.10mの隆起、1.48mの西向き水平変動が確認され、「だいち2号」による観測データの解析結果と整合的な結果が得られた (図-4)。なお、現地緊急測量の様子は国土地理院動画チャンネル (YouTube) にて公開した (https://youtube.com/channel/UCJY_QJ1luHO8j_WvPq_NEK6g?si=x67FOLkwHnTIY-9e)。詳細は植田ほか (2024) で述べる。

また、2月18日には輪島市の鹿磯漁港において現地

調査を行い、約4mの隆起を確認した (写真-1)。



鹿磯漁港で約4mの隆起を確認

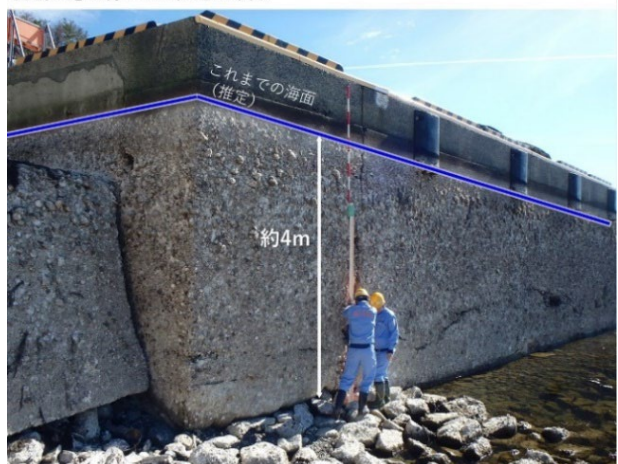


写真-1 鹿磯漁港における現地調査の様子

2.5 海岸線の変化の抽出

「だいち2号」による観測データを用いて、前述の解析のほか、地震前後の SAR 強度画像の比較を実施した。具体的には、地震前後の SAR 強度画像を用いて RGB 合成画像を作成し、地震後に陸化した地域（以下「陸化域」という。）の抽出を試みた（詳細は石本ほか，2024 を参照）。その結果、地震に伴う隆起が観測された地域の沿岸では、陸化による海岸線の変化が確認された（図-5）。特に約 4 m の隆起が観測された輪島市皆月湾周辺では、約 200 m の海岸線の前進（陸化）が確認された。また、沿岸の陸化域は後述する発災後に撮影した空中写真でも顕著にその様子が現れている（図-6）。



図-5 SAR 強度画像で捉えられた沿岸の陸化域

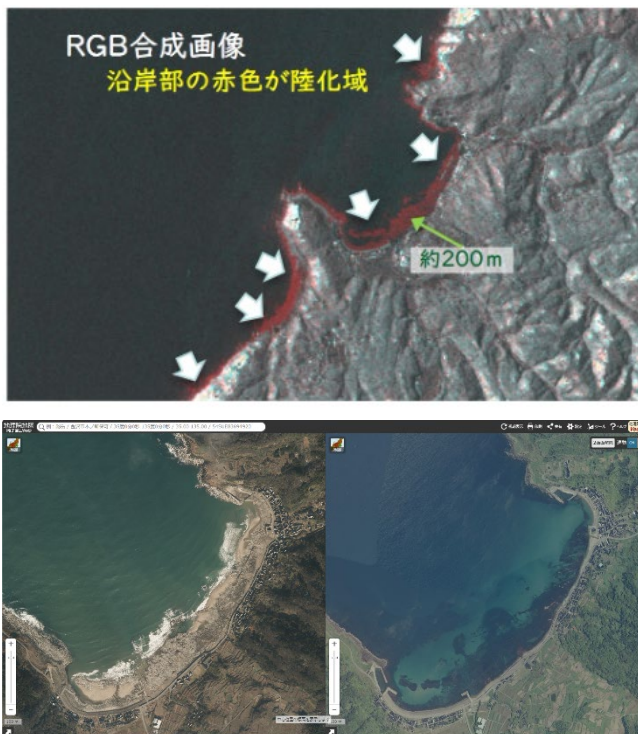


図-6 (上) SAR 強度画像による皆月湾付近の陸化域
(下) 空中写真による皆月湾付近の被災前(右)と被災後(左)の比較

3. 航空機による空中写真撮影

上空から撮影する空中写真は、今般の能登半島地震のように、亀裂や段差、土砂崩壊等による道路の通行止めが多数発生し、陸路での進入が困難となり、現地の様子を直接確認することができないような状況でも、被災地の全体像を把握できるため、初動時の被災状況把握において非常に有効である。

国土地理院では、測量用航空機「くにかぜⅢ」を保有しており、平時には地図作成や国土の現況把握のための撮影をしているが、災害時には広範囲の被災状況を迅速に収集・把握することを目的に緊急撮影を実施している。さらに「くにかぜⅢ」だけでは対応が困難な大規模災害が発生した場合や、機体点検等により「くにかぜⅢ」が使用できない場合に備え、(公財)日本測量調査技術協会との間で「災害時における緊急撮影に関する協定」(以下「協定」という。)を締結している。

能登半島地震の際は「くにかぜⅢ」が機体整備中であったことから、協定による緊急撮影を実施した。撮影範囲は、七尾市、輪島市、珠洲市、羽咋郡志賀町、鳳珠郡穴水町、鳳珠郡能登町を含む地域とし、発災翌日の1月2日から1月17日にかけて約1,800枚の垂直写真を撮影した(写真-2)。撮影した空中写真及び画像処理を行って作成した正射画像は、迅速に関係機関に提供するとともに、特設ページ及び地理院地図から公開した。詳細は国土地理院(2024c)で述べる。

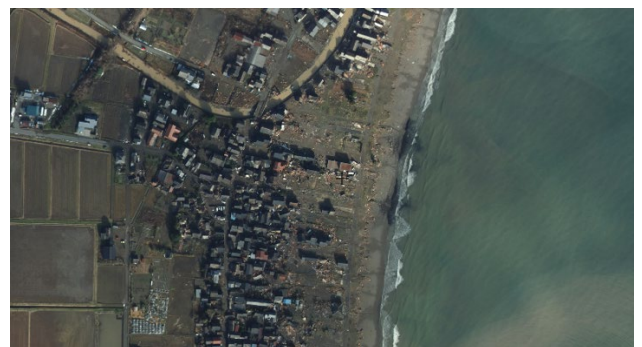


写真-2 (上) 輪島市町野町付近の河道閉塞の様子
(下) 珠洲市宝立町付近の津波被害の様子

4. 空中写真判読による被災状況把握

4.1 災害現況図の作成

国土地理院では、撮影した空中写真等から被災状況を判読して分かりやすく地図上に表示した地理空間情報を提供している。

能登半島地震の際は、撮影した空中写真（正射画像）から、地震によって生じたと考えられる斜面崩壊及び土砂堆積箇所の範囲を判読した「斜面崩壊・堆積分布図」、津波到達範囲について判読した「津波浸水域（推定）」を作成したほか、輪島市中心部の火災焼失範囲についても判読を行った。これらの判読作業は、1月3日から1月22日にかけて、空中写真撮影の進捗状況に合わせて行い、随時、地図を更新した。さらに、これらの判読結果を1枚の地図にまとめて表示し、能登半島地域における斜面崩壊・堆積範囲、津波到達範囲等の被害の状況が一目でわかるようにした「災害現況図」を作成した（図-7）。これらの地図及び GIS で利用できる GeoJSON 形式のデータは、作成後迅速に関係機関に提供するとともに特設ページ及び地理院地図から公開した。詳細は国土地理院（2024d）で述べる。

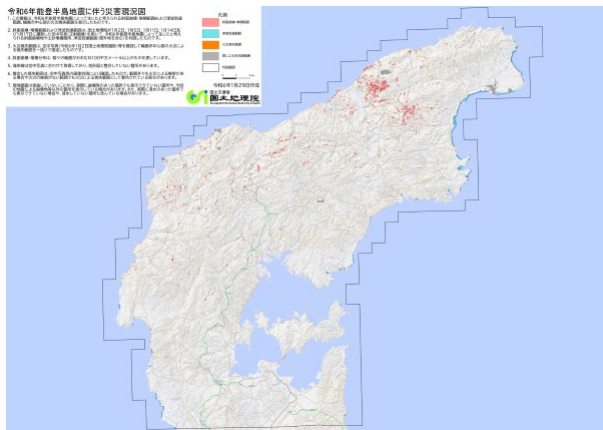


図-7 災害現況図

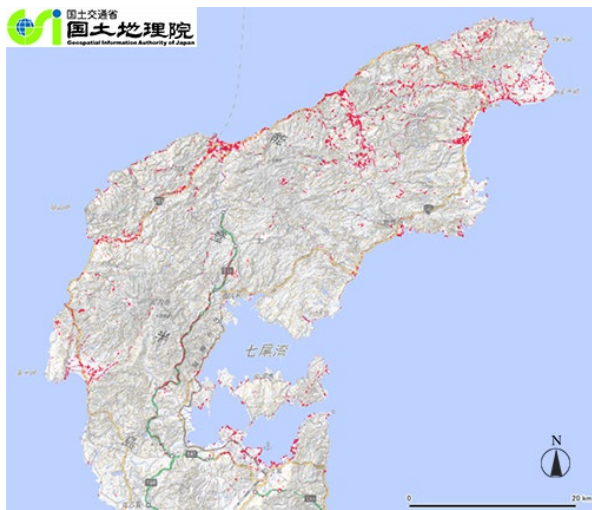


図-8 亀裂分布図

4.2 亀裂分布図の作成

能登半島地震における地表変化に着目して、地震によって生じたと考えられる地表の亀裂箇所についても空中写真判読を行い、地表の亀裂に対するラインデータを取得し、地図に表した亀裂分布図を作成した（図-8）。作成後、亀裂分布図及び亀裂分布データ（KML 形式）は関係機関に提供するとともに特設ページから公開した。

5. 発災後の地形データによる状況把握

5.1 若山川沿いの地表変状箇所の解析

地震後に撮影した空中写真から SfM/MVS 技術を用いて作成した数値表層モデル（DSM）をもとに、石川県珠洲市若山町における地表変状箇所でも最大 2.2 m 程度の上下変位があることを確認した。また、地震前の数値表層モデル（DSM）との比較により、若山川沿いで幅 100 m～200 m、長さ 4 km にわたり、隆起地帯が続いているのを確認した（図-9）。

本地表変状が、局所的ではあるが規模の大きい上下変位を伴っていたことから、この地表変状に関する情報を特設ページから公開した。



図-9 地震前後の表層高差と隆起地帯の分布

5.2 3D 表現による発災後の地形の状況把握

地震後に作成した数値表層モデル（DSM）を高さ情報として使用した、発災後の地形の状況を 3D で確認できるサイトを公開した。本サイトでは、地理院地図の機能を使い、能登半島の任意の場所における 3D モデルを表示することができる（図-10）。

また、3D プリンタ等を用いて、能登半島の立体地図のモデルを 3 種類作製し、関係機関に提供した（写真-3）。これらの立体地図のモデルは、発災前の基盤地図情報（数値標高モデル 5m メッシュ）を使用し、地震後に撮影した空中写真に斜面崩壊・堆積分布データ、津波浸水域（推定）データを重ね合わせた地図等を上乗せして作製した。

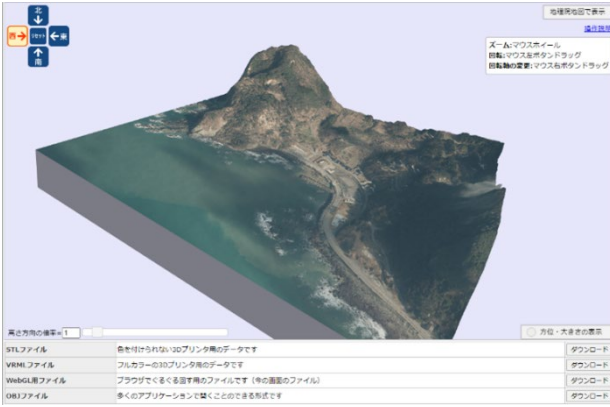


図-10 3D表示の例



写真-3 立体地図の模型（高さ強調5倍）



写真-4 地理空間情報の提供と説明

6. 現地対策本部における活動

石川県庁に設置された政府の現地対策本部へ、発災翌日の1月2日から3月28日までの間に延べ175名の職員を TEC-FORCE のリエゾンとして派遣し、国土地理院が作成した地理空間情報の成果等を現地対策本部内の関係機関に直接提供した（写真-4）ほ

か、関係機関からの要望に応じて、必要な地理空間情報の提供等を行った（国土地理院, 2024a も参照）。

また、同本部に設置されたインフラチームの一員として、日々変化する石川県におけるインフラの復旧状況（石川県の道路復旧状況や仮設住宅の建設状況、上下水道の復旧状況等）を地図上で確認できる「石川県復旧状況見える化マップ」（図-11）を構築し、同本部内の情報共有や見える化を支援した。同マップは、その後、県民等への情報提供のため、石川県のウェブサイトから一般公開された。立ち上げ以降、サイトの構築やデータの整備、更新について国土地理院が支援したが、7月1日からはデータの更新も含めて石川県において運用されている。当該支援は国土地理院として初の試みであった。今後も地方公共団体からの要望等も踏まえ、地理空間情報の利活用に係る必要な技術的支援を行う。

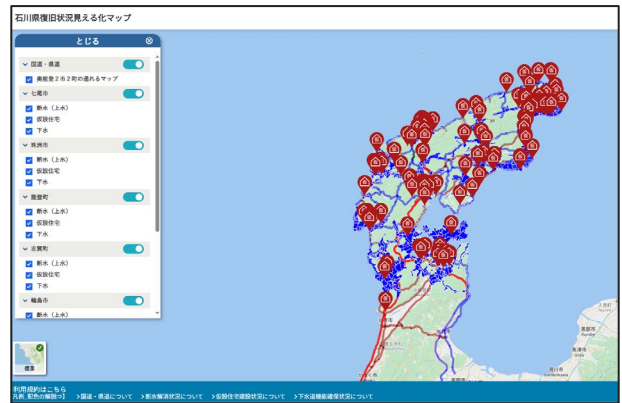


図-11 石川県復旧状況見える化マップ

7. 地理空間情報の提供

本院や北陸地方測量部(国土地理院, 2024a)では、関係機関に対して、これまで紹介してきた空中写真や斜面崩壊・堆積分布図を含む様々な地理空間情報を1月1日から随時プッシュ型で提供したほか、関係機関からの要望に応じて、可能な範囲で必要なデータの個別提供も行った。

また、発災当日に国土地理院ウェブサイトにて特設ページを開設し、これらの地理空間情報等を広く一般にも公開した。9月30日時点で掲載した情報は次のとおりである。

- 1) 空中写真（正射画像）
- 2) 空中写真（垂直写真）
- 3) 立体地図（地形の状況の3D表示）
- 4) 立体地図（模型）
- 5) 被災前後の比較（空中写真）
- 6) 空中写真で確認した、陸化したと思われる港等
- 7) 空中写真判読による津波浸水域（推定）

- 8) 斜面崩壊・堆積分布データ
- 9) 斜面崩壊・堆積分布図
- 10) 災害現況図
- 11) 航空レーザ計測成果を用いた数値地形解析結果【速報】
- 12) 亀裂分布図・亀裂分布データ
- 13) 石川県珠洲市若山町に出現した上下変位を伴う線状の地表変状（速報）
- 14) 「だいち2号」観測データの解析による地殻変動
- 15) 【参考】過去地震の地殻変動との比較
- 16) 【現地調査報告】鹿磯漁港の隆起量
- 17) 「だいち2号」観測データの解析による海岸線の変化
- 18) 電子基準点による地殻変動
- 19) 震源断層モデル
- 20) 現地緊急測量の結果
- 21) デジタル標高地形図
- 22) 空中写真等の画像判読による輪島市中心の火災焼失範囲（推定）
- 23) 公共測量への対応について
- 24) 基準点成果の取扱いについて
- 25) 地理院地図による「令和2年国勢調査5次メッシュ(250m)」(石川県部分)の重ね合わせ公開について

【国土地理院ウェブサイト上の特設ページ】

https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html

詳細は国土地理院（2024b）で述べる。

なお、本院と北陸地方測量部は、能登半島地震で地理空間情報を提供した関係機関を対象に利用状況調査を実施した。この調査は、今後の災害対応における情報提供の迅速化やより効果的な提供方法を検討するための情報収集を目的としており、調査結果については、院内で共有し、地理空間情報の更なる有効活用に繋げたいと考えている。

8. 復旧・復興に向けて

8.1 基準点測量成果の改定

1月1日に発生した地震により、石川県及びその周辺地域において大規模な地殻変動が確認された地域に設置された基本基準点（電子基準点、三角点、水準点）の位置が大きく変動した。そこで、1月5日に当該地域及びその周辺に位置する基本基準点の測量成果の公開を停止した。対象は、石川県、富山県、新潟県、長野県及び群馬県に位置する基本基準点のうち、電子基準点60点、三角点等4,349点、水準点157点である。

基本基準点と同様に、既設の公共基準点についても地殻変動の影響を受けている可能性があるため、公共基準点を使用する際の留意事項等を国土地理院ウェブサイトにて周知した。また、相談窓口を設置し、測量作業実施に当たっての適切な作業方法等の助言を行った。その後も国土地理院ウェブサイト新たな情報を順次掲載した。

測量成果を停止した基本基準点については、発災から約1か月後の2月7日に電子基準点の測量成果を改定したことをはじめ、(一社)全国測量設計業協会連合会との協定に基づく緊急復旧測量や地殻変動補正パラメータによる改算等により、順次改定を行った(表-1)。詳細は岩下ほか(2024)で述べる。

表-1 改定した測量成果等の公表履歴

(令和6年7月10日現在)

種別	測量成果公表年月日	公表点数	備考	
電子基準点	本点	令和6年2月7日	57点	
		令和6年4月30日	1点	
		令和6年6月27日	7点	
	付属標	令和6年2月29日	51点	
		令和6年4月30日	1点	
		令和6年6月27日	7点	
	水準点	令和6年2月7日	39点	測量成果を改定しておらず従来の測量成果
		令和6年2月29日	8点	
		令和6年4月30日	1点	測量成果を改定しておらず従来の測量成果
		令和6年6月27日	7点	
	三角点	令和6年2月15日	3,600点	地震前から測量成果の公表を停止していた2点を含む
		令和6年6月27日	33点	
令和6年7月10日		519点		
水準点	令和6年6月27日	133点	地震前から測量成果の公表を停止していた1点、電子基準点(二等水準点)7点を含む	

種別	公表年月日
座標補正パラメータ	令和6年2月15日
座標補正パラメータ・標高補正パラメータ	令和6年7月10日

8.2 電子国土基本図データの更新

復旧・復興事業の推進及び地形変化等の地図への反映を目的とし、能登半島全域及び新潟県長岡地区において電子国土基本図データを更新した。

電子国土基本図データは、4月5日から6月14日にかけて実施した協定に基づく緊急撮影(被害が大きな地域を中心に富山県高岡市や新潟県長岡市など都市計画区域を含む範囲)の成果を用いて更新した。

なお、関係機関からの要望に速やかに応えるため沿岸部や市街地の一部地域に限り、取得項目を限定した電子国土基本図(暫定成果)(例えば国土地理院, 2024c, 図-8)を作成し、関係機関に限定して提供した。

8.3 緊急航空レーザ測量

山地における斜面崩壊や地滑りなどの地形状況の把握等に資するため、林野庁と連携して航空レーザ測量を実施した。

なお、通常の測量成果に加え、関係機関へ速やかに点群データ等を提供するために一部の工程を省略した簡易的な処理による航空レーザ測量データ（速報成果）を作成し、関係機関に限定して提供した。詳細は国土地理院（2024c）で述べる。

9. まとめ

国土地理院では、今回の地震への対応はもとより、今後発生が予想される南海トラフ地震をはじめ、風水害や火山災害が万が一発生した場合には、最新の測量技術を活用した迅速な情報収集を行うとともに、

関係機関が実施する災害対応を支援するための地理空間情報の提供に全力で取り組んでいく所存である。また、各職員においても、訓練への参加や研修の受講等で防災意識と災害対応能力の向上に努めている。

最後に、令和6年能登半島地震で犠牲となられた方々とそのご遺族に対しまして、心より哀悼の意を表するとともに、被災された方々が1日も早く元の生活に戻れることを、心からお祈り申し上げます。

（公開日：令和6年12月27日）

参 考 文 献

- 石本正芳，服部晃久，三木原香乃，小門研亮，小林知勝（2024）：だいち2号で捉えた令和6年能登半島地震に伴う地殻変動，国土地理院時報，138，17–24. doi: 10.57499/JOURNAL_138_03
- 岩下知真子，多田直洋，高築晶，山田直輝，中久喜智一，井上武久，田上節雄，高木悠，植田勲，若杉貴浩，森克浩，宗包晃子，高松直史，齋田宏明，宮崎隆幸（2024）：令和6年能登半島地震に伴う基準点測量成果の改定，国土地理院時報，138，63–74. doi: 10.57499/JOURNAL_138_10
- 気象庁（2024）：令和6年能登半島地震の地震活動と防災事項ポータルサイト，
<https://www.data.jma.go.jp/kanazawa/shosai/notojishinportal.html> (accessed 18 Nov. 2024).
- 国土地理院（北陸地方測量部）（2024a）：令和6年能登半島地震に関する北陸地方測量部の対応，国土地理院時報，138，83–86. doi: 10.57499/JOURNAL_138_12
- 国土地理院（地理空間情報部 災害対策班）（2024b）：令和6年能登半島地震に関する地理空間情報部の対応，国土地理院時報，138，39–41. doi: 10.57499/JOURNAL_138_06
- 国土地理院（基本図情報部 災害対策班）（2024c）：令和6年能登半島地震に関する基本図情報部の対応，国土地理院時報，138，43–49. doi: 10.57499/JOURNAL_138_07
- 国土地理院（応用地理部 災害対策班）（2024d）：令和6年能登半島地震に関する応用地理部の対応，国土地理院時報，138，51–55. doi: 10.57499/JOURNAL_138_08
- 越智久巳一，若杉貴浩，山田晋也，宗包晃子，高松直史，齋田宏明，畔柳将人，宮崎隆幸，宮本純一，大森秀一，小門研亮，田村孝（2024）：GEONETにより捉えられた令和6年能登半島地震の際に生じた地殻変動及び測地観測センターの対応，国土地理院時報，138，9–15. doi: 10.57499/JOURNAL_138_02
- 消防庁（2024）：令和6年能登半島地震による被害及び消防機関等の対応状況（第112報），
<https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/259fefbfe16c3cee65bfd9cd961109ec141db56c.pdf>
(accessed 18 Nov. 2024).
- 水藤尚，宗包浩志，桑原将旗（2024）：令和6年能登半島地震の震源断層モデル，国土地理院時報，138，33–38. doi: 10.57499/JOURNAL_138_05
- 植田勲，畔柳将人，小川拓真，服部晃久，岡村盛司，田上節雄，橋本哲志，宮本純一，神宮章克（2024）：令和6年能登半島地震における緊急測量調査，国土地理院時報，138，57–62. doi: 10.57499/JOURNAL_138_09