1. 東日本大震災への国土地理院の対応

Countermeasures of the Geospatial Information Authority of Japan against the Great East Japan Earthquake

政春 尋志*・永山 透*

Hiroshi MASAHARU and Toru NAGAYAMA

概要：東日本大震災への国土地理院の対応について、地殻変動監視、空中写真等による災害状況把握とその分析、関係機関への地理情報の提供の活動、復興に向けての活動等の概要を報告する。

Abstract : We report the countermeasure activities of the Geospatial Information Authority of Japan against the Great East Japan Earthquake in terms of monitoring of crustal deformation, grasping disasters by means of aerial photographs, photo interpretation, geographic analysis, providing related agencies with geospatial information, and others.

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は未曾有の大災害をもたらした。国土地理院は、災害状況の把握と国・地方自治体等の関係機関への情報提供に全力で取り組んできた。本稿ではその概要を報告する。今回の地震では広範囲に大きな地殻変動が起こったことから、地理空間情報の位置の基準の扱いにも課題を投げかけているので、地震に伴う地殻変動について最初に解説する。

2. GEONET で観測された地殻変動と測量成果の改定

国土地理院が全国に1200点あまり設置している電子基準点網 GEONET によって地震に伴う大きな地殻変動が広域にわたって観測された(図1)。電子基準点「牡鹿」で東南東に5.3mの水平変動、1.2mの沈降が観測された。これらはこれまでに GEONET で観測された最大の水平変動量と沈降量である。東北地方の太平洋沿岸の広い範囲で地盤の沈降が観測され、現在も浸水被害をもたらしている。不動と見なされる点を基準とした相対的な変動量で各点の地殻変動を表示しているが、地殻変動は西日本を含む広域に及んでおり、地

図1 東北地方太平洋沖地震による水平地殻変動 (出典：国土地理院 <http://www.gsi.go.jp/common/000059672.pdf>)

*国土地理院

「写真測量とリモートセンシング」VOL. 50, NO. 4, 2011

殻変動図の表示に用いた島根県の「三隅」もわずかながら動いているため、地殻変動の解析には長崎県の「福江」を固定点としている。

地殻変動データは地震像を明らかにする上で重要な情報であり、これの解析に基づいて、最初に2枚の長方形で近似した断層モデル、次いでプレート境界面上での滑り分布モデルを推定し公表した(図2)。この滑り分布モデルから導かれた東北地方太平洋岸の沈降量の分布は、気象庁が地盤の沈降による大潮の時期の浸水・冠水への注意を促した報道発表(気象庁, 2011)にも引用されるなど防災に役立てられた。地殻変動の解析の結果、この地震の震源域におけるプレート沈み込みによるひずみの350~700年分に相当する量が今回の地震と余効滑り(地震に伴う大きなプレート境界での滑りの後に滑りが継続している現象)で解消されたと推定され、プレート境界がふだんは強く固着してひずみを蓄積し巨大地震で解放されていることがわかった(Ozawa et al., 2011)。

余効変動(余効滑りと余震による地殻変動を含む)は7月12日現在までで、最大水平変位量が65cm、断層

面上でのすべり量の推定値が最大216cm、モーメントマグニチュード換算で8.48のエネルギーに相当する大きなものとなっている。余効滑りが起こっている領域は地震時の滑り領域よりも陸側のプレート境界の深い側によっている(図3)。

地震に伴う広域の大きな地殻変動のために、まず、3月14日に青森県から長野県に至る16都県で基準点成果の公表を停止した。測定の基準点は復旧・復興に欠かせないものなので、主要三角点の改測を行って10月下旬を目標に新しい測定成果を得るとともに、改測を行わない三角点については補正パラメーターにより新しい成果を算出し公表する予定である。日本経緯度原点の位置も変動していると推定されることから、6月に変動後の経緯度を正確に決めるための測定が行われた。電子基準点については余効変動がある程度小さくなるのを待って5月31日に438点の電子基準点についての成果の公表と記者発表を行った。この際、今回の地震の地殻変動が今まで例にないほど広域に及んだことから、西日本の測定成果と整合するため電子基準点の成果改定を行う地域を、3月14日の成果公表停止地域に富山県・石川県・福井県・岐阜県を加えた地域とした。

高さの基準である水準点については、県単位ではなく水準路線単位であるが成果の公表を停止し、改測を行っている。これについても10月末までに新しい成果を公表予定である。なお、被災地沿岸部の復旧・復興のための各種工事の設計等に役立てるため、同地域の一部の水準点においては「標高速報値」として8月上旬までには関係機関へ提供する予定である。

このように、広域で大きな地殻変動が起こったため、公共測量成果も改定が必要となっている。公共測量成果を効率よく改定できるよう、国土地理院では10月末に補正パラメーターを提供すべく、準備をすすめている。

3. 空中写真撮影による災害状況の把握と画像情報の提供

地震災害は突発的であり、大規模な災害の場合その被害状況を把握するために一刻も早い空中写真撮影が必要である。国土地理院は航空測量機「くにかせⅢ」を保有して災害時の撮影に備えているが、折悪しく3月末まで定期点検中であった。今回の災害は範囲が非常に広域であるため、複数機による撮影が必要でも

図3 地震後のプレート境界面上のすべり分布モデル (出典: 国土地理院, 2011)

あった。災害時の緊急撮影のために、国土地理院と財団法人日本測量調査技術協会は協定を交わしており、これに基づいて協会加盟の対応可能な協力会社を調査していただき、6社（14日に1社追加して計7社）と契約して翌日12日から範囲を分担して撮影を開始した。協定の内容や財団法人日本測量調査技術協会の協力活動については本特集の谷岡（2011）を参照されたい。12日と13日の二日間で青森県から福島県北部に至る太平洋沿岸のかなりの部分の撮影ができたが、その後は天候に恵まれず、19日に宮城県の一部が撮影できただけで、協定撮影による撮影は終了した。なお、当初は栗駒山地区の撮影を実施したが、積雪もあり中止した。4月以降は1日と5日に「くにかぜIII」により、青森～宮城の未撮影地域や、雲で地表の状況が撮影できなかった地域の再撮影を行い、青森県から福島県北部までの津波被災地域（福島第一原子力発電所の事故による飛行制限区域を除く）の撮影が完了した（図4）。

撮影された写真は一刻も早く政府や被災地域の関係機関に提供するように要請があった。このため、画像情報のデータ処理、ハードコピーの作成などをできるだ

図4 空中写真撮影範囲（2011年3月12日～4月5日）太平洋岸の青色箇所（出典：国土地理院 http://portal.cyberjapan.jp/denshi/index3_tohoku.html）

図2 東北地方太平洋沖地震のプレート境界面上のすべり分布モデル（出典：国土地理院，2011）

図5 正射写真地図の例（正射写真地図仙台地区 図郭10 RE212）（出典：国土地理院 <http://saigai.gsi.go.jp/h23taiheiyo-zort/map/index.html>）

け迅速に行うよう努め、撮影した写真は翌日（一部については翌々日）にはウェブに公開した。さらに、撮影時のGPS/IMUデータと既存のDEMを用いて作成した簡易オルソ画像と、これに地図情報を重ね合わせた正射写真地図（図5）の作成を行い、ウェブに公開した。このようなオルソ画像作成と画像のモザイク合成が迅速にできるようになったのは、GPS/IMUデータにより写真の標定要素が直接に計測できるようになったこととデジタル写真測量システムの発展によるところが大きいことはいうまでもない。

図6 10万分1浸水範囲概況図（出典：国土地理院 <http://www.gsi.go.jp/common/000060133.pdf>）

また、一部の激甚な被災地域について、被災前後の写真と比較する資料を作成・公開した。さらに、5月18日からは、被災地域の斜め写真を撮影し、順次公開しているところである。これら被災後の空中写真は、今回の被害のすさまじさを物語っている。

4. 津波浸水範囲の判読

被災地の空中写真から様々な情報が読み取れる。今回の地震では最も大きな被害をもたらしたのが津波であり、被害状況の把握のために津波で浸水した範囲を明らかにすることが求められた。写真判読の熟練者がチームを組んで大量の写真の判読に当たり、津波の浸

水範囲を2万5千分1地形図に描くとともにその面積を集計した(図6)。この結果、青森県から千葉県に至る浸水面積の総計は561km²と推計された。さらに、この浸水範囲と、国土数値情報の土地利用データの重ね合わせ分析を行って主な土地利用種別ごとの浸水面積を推計した。

5. 関係機関への地理情報の提供

災害発生時には状況把握のために緊急に地図が必要になる。国土地理院では地震発生当日に被災地域の2万5千分1地形図等の紙地図を、要請に応じて首相官邸をはじめ関係機関に配布した。その後、空中写真画像

や浸水範囲の判読結果など、被災状況に関する地理情報を、自衛隊、県、地方整備局等に提供するとともに、これら機関の協力を得つつ順次市町村にも配布した。これら地理情報は、国民がネットワークでも状況を把握できるようインターネットで公開したが、被災地域の関係機関の多くは停電等により、高速ネットワークへのアクセスやデジタルデータの処理ができる状況ではなく出力図やハードコピーのニーズが圧倒的であった。その後、被災地域でも徐々に電力等が復旧し、要請のあった機関に対しては、デジタルデータ一式をハードディスク等の物理的なメディアに格納して配布した。

政府の現地災害対策本部が宮城県に設置された際には、国土地理院緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）として常時2名の職員を派遣し、情報ニーズの把握、提供等の活動を行った。大判プリンターを持ち込んで、地図や空中写真の出力を各機関の要請に応じて行った。

地理情報の提供に関しては、地図上に各種のデータを重ね合わせて表示することができる電子国土Webシステムを利用した、交通規制情報、デジタル標高地形図、シームレスな正射画像データの公開も行った。

これらの地理情報は、現地における救難活動、道路・鉄道・空港等基幹交通インフラの被災状況の把握、災害査定、農地での津波被害調査、建物罹災証明発行など、様々な災害対応業務に活用されている。これら情報は国土地理院ホームページに開設した「平成23年（2011年）東日本大震災に関する情報提供」のページ（http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h23_tohoku.html）において公開している。

6. 観測施設の被災状況

常時地殻変動を監視している電子基準点で、地震に伴って東北地方太平洋岸の多くの点で停電と通信断が発生し、当日の時点では数十点のデータが取れない状況になった。電子基準点はバッテリーを内蔵し、72時間または24時間の停電があってもデータ取得は継続できるようになっている。また、通信回線も専用回線と携帯電話回線の二重化をしている。

今回のような大地震に際して重要な地殻変動のデータが失われてはならないので、現地に出張し、一部の点には太陽電池を取り付け、それまでに取得されていたデータを回収した。また、太陽電池と衛星携帯電話

を備えて自立的に地殻変動観測ができる REGMOS（GPS 火山変動リモート観測装置）1機を、「M 牡鹿」点に取り付けてデータ取得が継続できるようにした。

幸い、比較的早く電力や通信が回復した点が多く、地殻変動データの取得には大きな問題はなかった。津波で被災し、復旧が必要な点は3点だった。

相馬験潮場は津波により完全に倒壊した。これは再建する予定であるが、それまでの経過措置として、無事だった県の験潮施設をお借りして国土地理院の験潮儀を設置し験潮データを取り始めている。

7. 復興に向けて

災害からの復旧・復興のために、最新の地理情報が必要である。国土地理院では、すでに述べたように三角点の測量、水準測量を広範囲に実施し、10月末までに成果をまとめて公表することとしている。

また、被災状況を含む現状を正確に表し、復興計画策定に役立てられることを目的とした縮尺1:2,500の災害復興計画基図を東北地方太平洋岸の被災地域について作成中である。自治体による計画策定作業が急がれているので、この地図データも、暫定データとして、都市計画区域については8月に各自治体に提供する予定である。

さらに、地殻変動によって引き起こされた地盤の沈降が沿岸地域で大きな問題になっている。このため正確な標高データのニーズが高い。国土地理院では、東北地方太平洋岸の10,876km²について航空レーザー測量による精密な標高データの整備にも取り組んでいる。このデータは、納品後順次関係機関等へ提供する予定である。

8. おわりに

東日本大震災は広域の大災害であり、国を挙げて復興に当たることが求められている。国土地理院は地元自治体や関係機関のニーズにできる限り応えて、地理情報整備の点から復旧・復興に貢献することとしている。今後、早期の復興に向けた多様なニーズに応えられるよう、高品質の地理情報の迅速な整備・提供、地理空間情報の一層の活用、空間情報技術のさらなる発展が必要とされているところである。

参考文献

気象庁、2011、「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖

- 地震」による地盤の沈下に伴う大潮の時期における浸水や冠水のおそれの高まりについて (平成23年3月17日報道発表資料), <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/17b/ooshio.pdf>
- 国土地理院, 2011. 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 87巻, 印刷中.
- 谷岡誠一, 2011. 東北地方太平洋沖地震発生時の緊急撮影について, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 50, No. 4, pp.185-191.
- 永山 透, 2011. 東日本大震災に対する国土地理院の取り組み, 測量, **61** (6), pp. 9-13.
- Ozawa, S., T. Nishimura, H. Suito, T. Kobayashi, M. Tobita and T. Imakiire, 2011. Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake, *Nature*, doi: 10.1038/nature10227. (日本語による概要が <http://www.gsi.go.jp/cais/topic110620-index.html> にある)