

## 災害時の活動

# 国土地理院は、震災にどう対応したか？

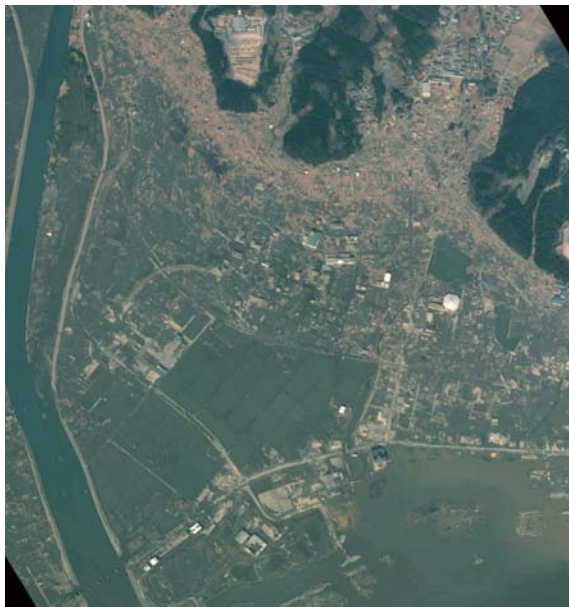
国土地理院の仕事は、地球上における日本の位置の基準を定め、地形や建物など国土の基盤となる地理空間情報を整備・提供すること。地震による被災状況把握の対応は、発生直後から始まった。

## 大きく変化した地勢・地形を把握

国土地理院と聞くと、地図を作る場所というイメージが強いかもしれない。でも今では、変化する「地理空間情報」を把握し、提供することが基本的な役割だ。

国の地理は常に変わっていく。新幹線や高速道路ができたり、山あいに住宅地や大型施設が整えられたりというだけではない。プレート境界に位置する日本では、地面は地殻の変動で毎年数cmずつ動いている。そして、今回の地震のような大災害が発生すると、地形も、建物や道路の姿も大きく変容する。

国土地理院では、災害対策基本法に基づく政府の指定行政機関とし



左／被災前(昭和57年10月撮影)  
右／被災後(平成23年3月13日撮影)

### 陸前高田周辺の被災状況を撮影

震災2日後、上空から撮影した陸前高田。被災前と比較すると浸水状況など被害の度合いがよくわかる。撮影データは関係機関に提供するとともに、詳細に解析された。



空中写真撮影を行う測量用航空機「くにかぜⅢ」。機体内部には大型カメラを設置。エリアごとに撮影を繰り返す。

て、常に地殻変動の監視や防災情報の提供を行っているほか、災害発生時にはいち早い状況調査を実施することも重要な任務だ。

「災害直後の対応としてもっとも大切なのは、政府や国土交通省、関係地方公共団体に、対策への判断材料を提供することです」と、企画部防災推進室室長補佐の仲井博之。

震災以降の動きを追ってみよう。

## 即座に被災エリアの空中写真撮影を実施

3月11日14時46分、地震発生。ただちに非常体制が敷かれ、「災害対策本部」が立ち上げられた。国土地理院では、震度6以上の地震では非常体制、それ以下の震度の場合は警戒体制を取る決まりだ。

第1回目の災害対策会議招集は15時10分。防災監視室に各部の部長やセンター長以上が集まり、国土交通省や仙台の出入機関とも映像をつないだ会議が進められた。

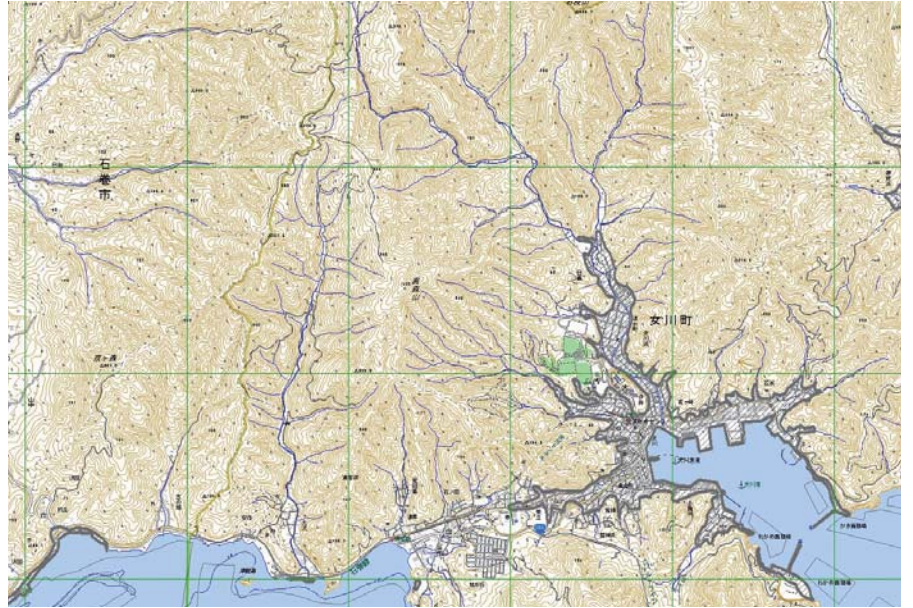
「本来は直ちに対策の方針を決めるのですが、国土地理院のある、つくば



市も被災したため、インターネットも使えませんでした。そのため最初はごく一部のテレビとラジオでの情報収集を実施。17時の第2回目会議の頃には被害の甚大さも徐々にわかり、19時の第3回目会議で具体的な対応が始まりました(仲井)

被災地周辺の地図を首相官邸や内閣府、国土交通省に配付し、またホームページでも公開。宮城には職員を派遣した。また、全国1240カ所でGPS連続観測を行っている電子基準点の位置データを解析。観測開始以来最大級の地殻変動が起きたことがわかった。被災地の沿岸部では、電子基準点そのものが津波の被害を受けた場所もあり、地震発生3日後から職員が現地に入ってデータ回収などの保守作業を実施している。

翌12日には、被災地の空中写真撮影を開始。撮影したデータをもとに津波浸水域を判読する作業は、その後連日深夜におよんだという。ホームページではデジタル標高地形図を公開。土地の高さがひと目でわかるので、津波で孤立した地域も推測できる。被災地の市町村へは地形図を提供。これは、送付する手段がないため、救援に向かう自衛隊に託した。13日以降も、空中写真撮影、地殻変動や断層変動の状況調査、画像・地図のホームページ公開は進められた。



震災後、直ちに行われた電子基準点のデータ回収と点検作業。

### 全国の基盤地図情報を一般へも広く提供

国土地理院では国内あらゆる地点の“位置”を特定し、正確な地理空間情報を整備することを基本に、災害の危険性分析や防災に役立つ地形情報提供などを行っている。基盤地図情報は、誰もが利用できる白地図としてインターネットでダウンロードできる。

<http://portal.cyberjapan.jp/index.html>



### 女川町へ地図などの提供

被災直後の画像から、人間の目で見えて浸水域を特定し、このような浸水域範囲概況図にしていく。女川町の場合、概況図を元に立体模型(右)も作成された。



## 救援と地域復興への基本情報を提供

観測とデータ解析、地形情報の提供は今も次々と進行中。3月後半以降は各被災地に職員を派遣し、測量や自治体個別のニーズ調査も行った。

災害への対応として、なぜこのような画像や地図の提供が求められるのだろうか。

第一には、状況の把握だ。今回のような広範囲の災害では、なにが起きているのかの全体像を地表にいて確認することは難しい。空中写真の画像では被災エリアをくまなく知ることができない。また地形図を見れば、どこまで津波がおよんでいるかも想像可能だ。それにより、国や自治体では、緊急に対策が必要な地域を特定でき、人員・資材などを効果的に配分できるわけだ。

また、各地域で復興計画を立てるにも震災後の正確な地図が必要となる。今後のまちづくりのプランを作り、実際に建物や道路を建設するためには地形図や測量データは必須だ。

「災害担当者が地図を読むのが苦手とすることで、地形を立体模型にした自治体もあります(仲井)」

現在の地理空間情報がいかに大切か、より具体的に見ていきたい。



地理空間情報の整備

# 基準点の復旧は、復興への道しるべ



取手市にある一等三角点での測量。10mの高さにGPS電波の受信アンテナを設置。

日本全国には、地球上でその場所の位置を特定するための「基準点」が置かれている。東日本大震災により地形は大きく変動した。正確な地理空間情報をつかむ基準点の測量成果の改定は急務だ。

## 測量の基盤となる 基準点の意義とは？

基準点とは、測量において、緯度・経度・標高の正確な位置を決める基準となる点のことである。この基準点は、地図を作成するために利用されるほか、国土調査や土地区画整理などの位置の基準であり、われわれの生活の周辺においても重要な役割を持っている。とくに道路の建設、都市の開発、農地の整備など公共事業には不可欠なものである。

その基準点には、緯度・経度など水平位置の基準となる三角点・電子基準点と、標高の基準となる水準点があり、全国で総数約13万点が配備されている。なかでも電子基準点は、GPS

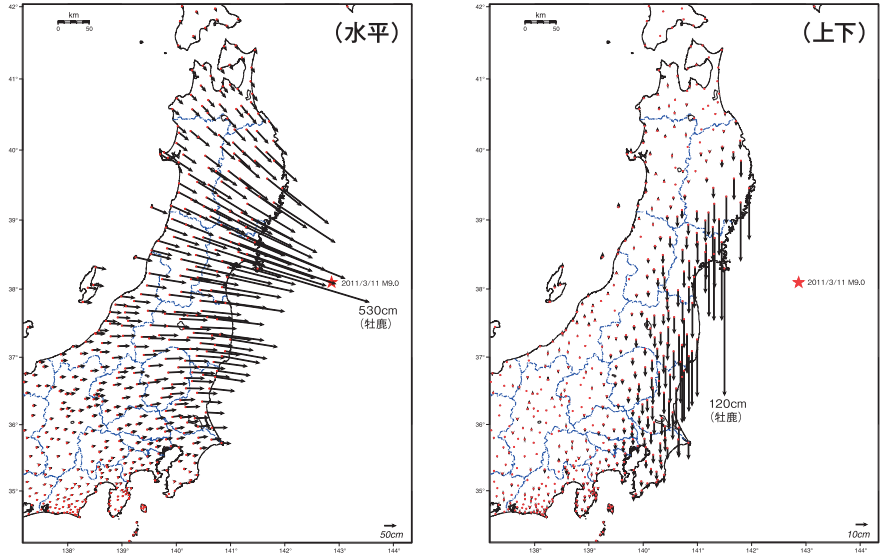


東日本大震災に伴う地殻変動

基準点総数と改定対象の点数

種別	点数	改定対象の点数	
電子基準点	1,240	438	
三角点	一等三角点	975	353
	二等三角点	5,060	2,140
	三等三角点	32,326	15,170
	四等三角点	70,713	26,194
水準点	一等水準点等	14,768	991
	二等水準点	3,471	388
合計	128,533	45,674	

改定対象の点数は5月31日に一部追加



地震時の地殻変動。電子基準点を利用した観測で電子基準点が水平・上下に何cm移動したか明らかになる。



自然石で囲まれた一等三角点。水平位置の基準となる三角点は全国約11万点配備。



青森県・久六島(きゅうろくじま)での三角点設置。領土・領海の正確な明示や島の保全・管理のため、離島においての三角点の新設や再測量も行われている。

衛星からの電波を毎秒受信し、連続観測を行う基準点で、全国1240カ所に配備されている。そのデータは、茨城県つくば市の国土地理院に送信される仕組みだ。

通常、GPS衛星を使って位置を求める場合、単独のGPS受信機では10mほどの精度だが、この電子基準点の観測データを組み合わせて解析することで、数mm～数cmという高い精度での決定が可能となる。

東日本大震災の地殻変動の監視においても、電子基準点の観測データが活用された。今回の震災による変動は日本での観測史上最大級の規模で、震源に

近い牡鹿半島突端では、最大で東南東に約5・3m変動、上下に約1・2m沈降した。そのほかの広い地域でも大きく変動している。さらに震災から5月末までの間に、東北地方の沿岸部で最大約40cm変動した。このような正確で細かな観測結果を知ることが、現状を把握し、次の対策を立てるためにとても有効となる。そんな役割も電子基準点は担っている。

三角点と水準点は、明治時代から設置が進められてきた基準点である。三角点という名称は、昔は2カ所の他の基準点を人間の目で見通して三角測量を行っていた名残りだ。現在では三角点上にアンテナを立てて、GPS衛星の電波を受信することで位置を特定している。

三角点は、一等三角点から四等三角点まで4種類あり、設置間隔が異なっている。水準点は主に幹線道路沿いに設置され、現在も標尺を立て

て高さの測量が行われている。

今回の震災に伴って、このような三角点や水準点の位置関係も大きく変化した。現在の正確な基準点位置や、そこからわかる国土の形はどうなっているのか。基準点がずれたままでは、今後、正確な測量結果が得られず、社会生活にも大きな影響をおよぼす。今、東日本各地で再測量により基準点の復旧が行われている。

茨城県取手市。市役所駐車場隅の一角に一等三角点の標石があり、再測量作業が早朝から行われていた。

この一等三角点では、GPS衛星の電波の測定が行われており、最低3カ所を同時に測定し、観測データを組み合わせて結果を出す。

三脚に設置されたGPS電波の受信アンテナを、約10mまで伸ばす。ビルなどの障害物が多い場合は、高く上げる必要があるのだ。ワイヤーでアンテナを固定して微調整。その設置に約2時間かけ、観測をスタート。その後は6時間ほど見守り、GPS衛星から送られる電波を受信機に記録していく、という作業である。

「ここは平地だから比較的容易な方です。機材を抱えて山中を登ることもありません。強風や雷雨の時は難しい。風さえなければ土砂降りでも普通に作業していますよ」と担当者。

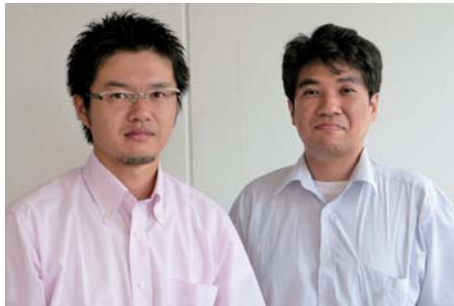
観測終了後はデータを計算・確認し、良好であれば国土地理院へ送る。

国土地理院のGPS中央計算機室。日本全国からのデータはすべてこのサーバに集められ、解析される。



同じく、国土地理院内にある地殻変動観測施設配置図。電子基準点や高精度比高観測点、験潮場などの位置を表示する。

測地観測センター地殻監視課長補佐・矢萩智裕(左)と、測地部測地基準課課長補佐・楡山洋平(右)。



GPS衛星の電波を受信し、測地観測センターにデータを常時送信し続ける電子基準点。

ずれがあると判明すればやり直しだ。求められるのはmm単位の正確さ。位置の基準を決めるには、この高い精度こそが大切なのだ。

## 新しい緯度・経度・高さのいち早い公表を目指す

測量法では、基本測量の成果が現況に適合しなくなった場合は、遅滞なく成果を修正するよう定められている。震災直後の3月14日、国土地理院では10kmにつき2cm以上の変化が推定される東日本の三角点約3万8000点と電子基準点364点、上下変動が数cm以上の水準点約15000点の測量成果公表を停止した(5月31日一部追加)。

三角点・水準点を管理する測地部測地基準課課長補佐の楡山洋平は、「地図は航空写真などをもとに作りますが、そこに正確な緯度と経度、標高がないと意味を持ちません。正しい座標が定まっていれば、すべての地図は一貫してつながります」と、測量の重要性を語る。

被災地の自治体からは、測量成果を求める声が多く寄せられた。

「たとえば、新たな堤防を設計するために地震後の高さの基準が必要となります。早期の復旧・復興のため、位置の基準となる測量成果への要望は認識していました」と語るのは、測地

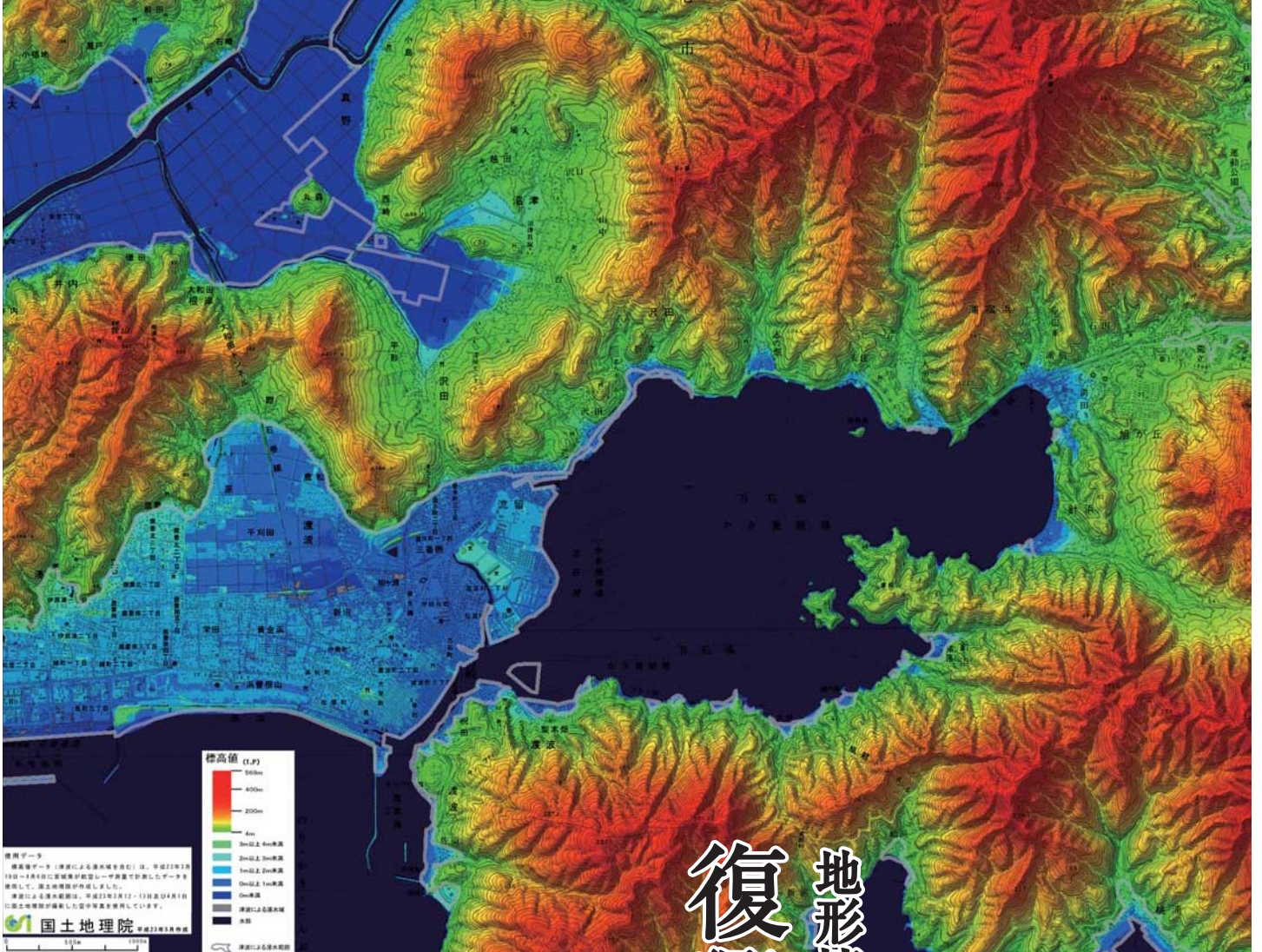
観測センター地殻監視課課長補佐の矢萩智裕。こちらは電子基準点を管理する部署だ。両部署は互いに連携しながら、基準点測量成果の改定に取り組む。

「余震や地震後にも発生している緩やかな地殻変動による地形の動きが続いており、成果を計算してもすぐに位置がずれて使えなくなつてはかえって混乱を招きます。実データから推定される将来の歪み量を考慮し、必要精度を満たしながら、可能な限り迅速な公表を目指し、電子基準点の新しい測量成果を5月末に公開しました(矢萩)」。関東や北陸、中部エリアでは公表停止していない西日本の測量成果と整合するよう調整も加えた。

三角点・水準点については人間が現地で観測するしかない。とはいえ4万点もの基準点に向くのはあまりに時間がかかる。そのため高度地域基準点と称される三角点600点と、太平洋沿岸部など変動量の大きい地域の三角点1300点を測量。観測して得られた地殻変動量をもとに補正パラメータを作成し、観測によらない三角点の測量成果改定に利用することになっている。

「新しい測量成果は三角点(緯度・経度・高さ)および、水準点(高さ)とも10月下旬に公表する計画です(楡山)」。復興への基本情報を持つ人々のために、現場作業は今も進行している。





**デジタル標高地形図**  
 航空レーザー測量で、標高を計測。その標高データと地形図を重ね合わせたのが、デジタル標高地形図である。これは宮城県の石巻から女川にかけての地形図で、赤みが増すにつれ標高が高い部分になっている。太い線で囲まれているのは津波によって浸水したエリア。

## 地形情報を提供

# 復興に役立つ地図の力

私たちの普段の生活で、地図とは自分の位置や目的地への経路を知るための案内図。だが災害を経た地域にとって、地図の持つ意味はそれ以上に大きい。復興に向けて、国土地理院の地図が果たす役割とは？

## 最新技術と人の目で被災地域の現況確認

国土地理院の中で、地図を作ることを主たる業務としているのは、基本図情報部と応用地理部だ。

基本図情報部では、空中写真をもとに基本図へと図化する。通常は5000分の1地図まで。それ以上拡大したものは各自治体で作ることが多い。また応用地理部は、目的に即した特殊な地図や情報を作成・提供する。航空レーザー測量で高精度な標高データを計測しデジタル標高地

形図にしたり、活断層図や土地条件図を作るのもこの部署の担当だ。

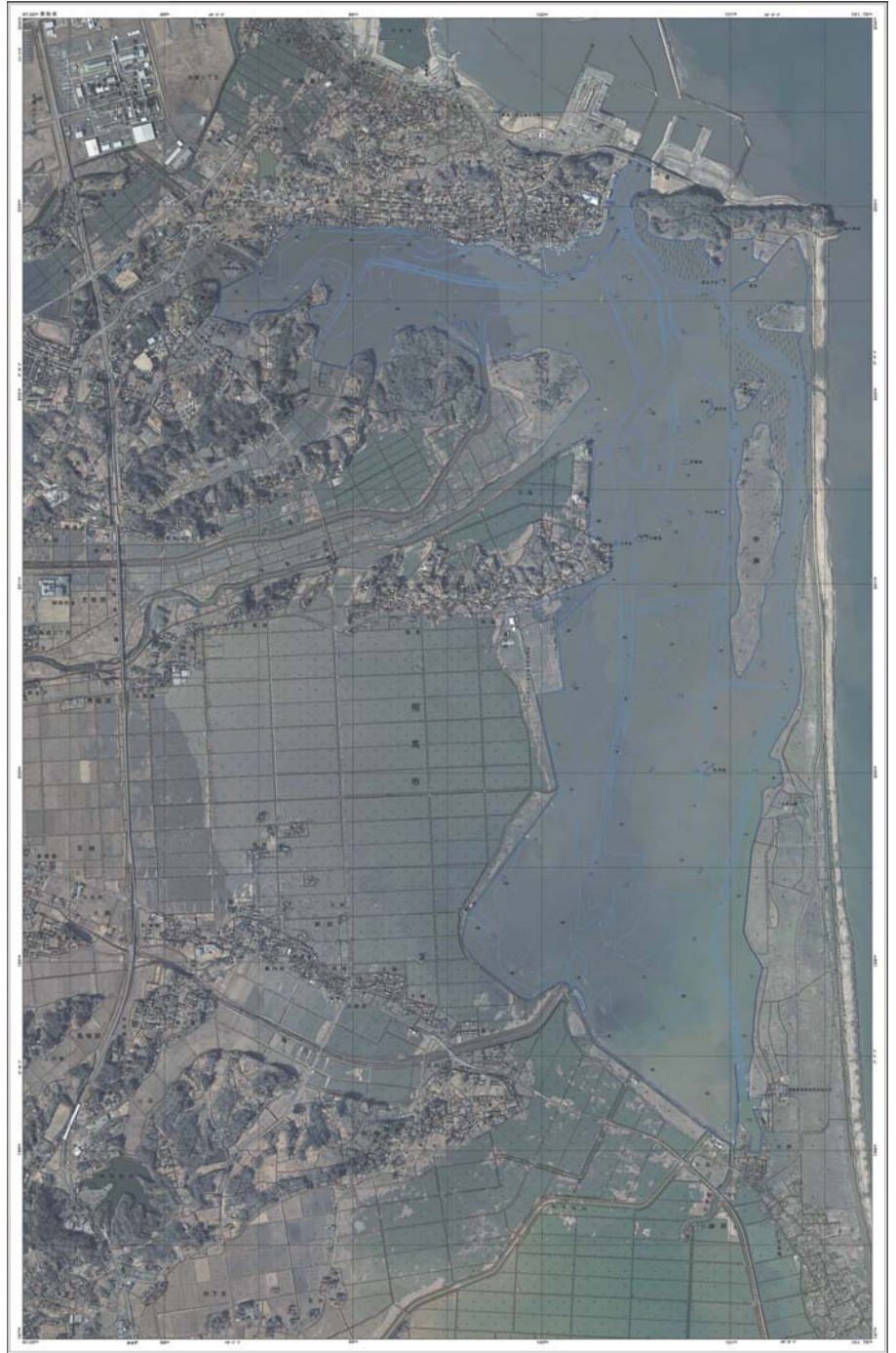
東日本大震災では、その直後から現在もなお、2つの部が連携し、さまざまな観測・測量技術を駆使して国や各地方公共団体などが必要とする地図の提供に努めている。

最初に重要な情報源となったのは、3月11日の地震発生翌日に撮影した空中写真だ。これは、その被害の状況が見てわかるといっただけでなく、その後、各種の地図を作るものにもなる。撮影するエリアの漏れがあってもならない。写真はすべて左右、





車両に搭載した全方位カメラで動画を撮影。道路の復旧後、日本測量機器工業会の協力で太平洋沿岸全域を走行して撮影を進めている。個人宅が映る場合もあるため一般公開はしていない。



### オルソ画像

撮影した空中写真を画像処理し、どの部分も真上から見たように補正。これは福島県相馬市松川浦のオルソ画像に地図を重ねたもの。地面の沈下で、低地が海に浸かっている状況がわかる。

天地とも、一部を重複させながら撮っていくそうだ。「関係機関にはまず写真を提供し、次にオルソ画像を作成しています」と語るのは、基本図情報部国土基盤情報調整官の長谷川裕之。オルソ画像（正射画像）とは、空中写真撮影時の飛行機からの角度や、カメラのレンズによる歪みを補正し、どの地点も真上から見た状態に

したもの。この画像に地震以前のそのエリア地図を重ねると、被災状況を的確・網羅的に把握することができ、自衛隊などの救援プランも素早く立てられるわけだ。

「この画像は3月17日から提供を開始。とにかく早く出すよう動きました」（長谷川）

応用地理部では、写真をもとに、津波で浸水したエリアの特定を急いだ。「水田、集落などへの浸水、また、瓦礫などの痕跡から浸水位置を人の目で判読していくわけです。これはコンピュータでは無理です」と、応用地理部企画課課長補佐の渡辺信之は語る。基本図に浸水域を重ねた地図は、広大な範囲におよぶ被災状況を掌握するのに大きく役立った。

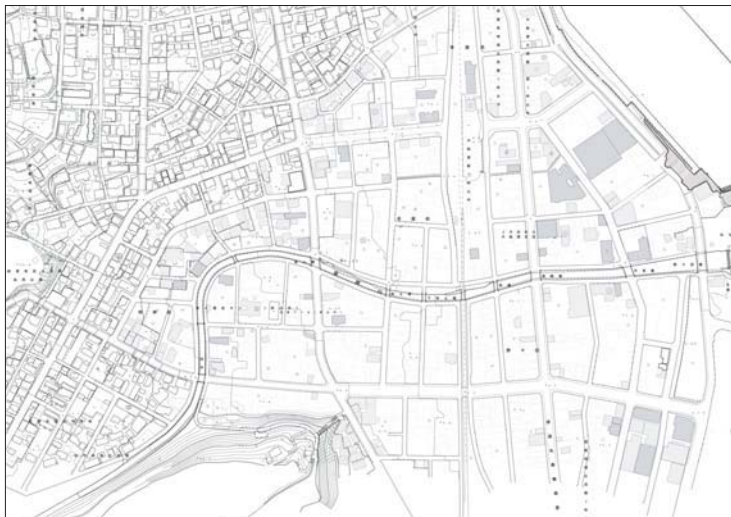
## 正確な現況の周知が復興への基盤となる

先端技術を駆使した地図も次々と作られている。

航空レーザー測量では、航空機からのレーザー照射で地上の凹凸が高精度で計測が可能。これにより今回の震災でも、地表の沈降、土砂災害、堤防などの破壊状況も細かく知ることができた。またデジタル標高地形図も、このデータから作成された。

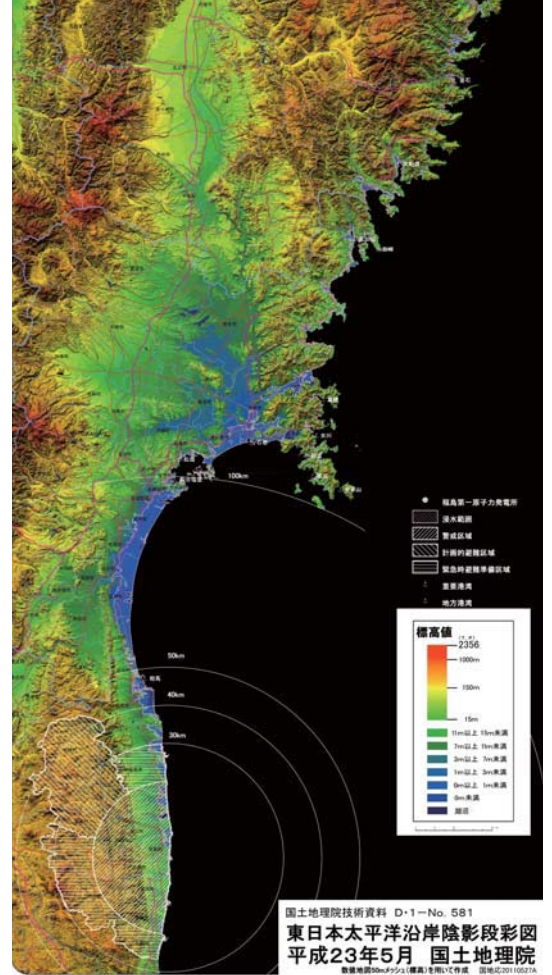
また、より正確な地図情報のために人工衛星画像も活用された。





災害復興計画基図

過去の地図をもとに空中写真(上)や現地調査を反映し、被災後の現況を細部まで記載。建物は「流出」「被災」「健全」の3種に分け、耕地や道路などの状態もわかるように示している。



陰影段彩図

数値標高データにより、福島第一原子力発電所周辺の標高と地図を重ね合わせて陰影で示した図。

国土地理院技術資料 D-1-No. 581  
東日本太平洋沿岸陰影段彩図  
平成23年5月 国土地理院  
数値標高データ(DGN)と地形図を重ねて作成 図地記20110227A

2006年にJAXA(宇宙航空研究開発機構)が打ち上げ、1カ月半周期で地球を回る陸域観測技術衛星「だいち(ALOS)」も、3月15日に東北上空に到達。地表の変動量を伝える詳細なデータを、国土地理院へと送った。これにより、地震に伴う地殻変動は東北地方から関東地方や中部地方までおよんでいることなどがわかった。「だいち」は、この直後に衛星としての寿命が終了。最後に大きな仕事を成し遂げたことになった。

そして地上においては現在、被災地の状況を把握するため、車両に全方位カメラを搭載し走行しながら360度撮影するという最新の技術(車載型画像計測システム)も、今回の震災から採り入れられている。これにより現場の状態は動画で全方向確認できる。

そんな綿密な調査を経て作成される地図は、被災した地方公共団体や政府、国の災害対策本部、ボランティア団体など各方面において復興支援への指針となる。

そして今、被災各地の「災害復興計画基図」の作成を進めている。

「各戸の配置がわかる2500分の1縮尺。震災前に地方公共団体で作っていた地図をもとに、流出や機能停止した建物、海水に浸った耕地など一つずつ特定しています。この大きな縮尺での地図の提供は、国土地理院としては

初めてのことです」(長谷川)

これは、より具体的な復興プラン作りの基礎になるだけでなく、この歴史的大災害の確かな記録ともなる地図だ。

「今後、災害復興計画基図と併行して、同エリアのデジタル標高地形図も作成していきます」(渡辺)

地理の現況を正しく把握し、地図として提供する——その役割の持つ意義は大きい。

「地図と測量の科学館」へ行こう

国土地理院の敷地には、誰でも地図や測量の楽しさに触れられる「地図と測量の科学館」がある。日本と世界の古地図や測量機、3Dバーチャルマップなど展示は多彩。各種地図や地理グッズが揃うショップも楽しい!

茨城県つくば市北郷1  
TEL.029-864-1872 開館/9:30~16:30  
休館/月曜(祝日の場合は翌日)、年末年始  
<http://www.gsi.go.jp/MUSEUM/>

