

## 「地理空間情報の高度活用に向けて」



### 講演者

国土交通省国土地理院 院長  
**岡本 博氏**

### プロフィール

1979年3月東京大学大学院卒業、同年4月建設省（現・国土交通省）入省。  
日本道路公団本社企画部計画調整課長をはじめ、国土交通省本省道路局企画課長、九州地方整備局長などを歴任。  
2011年1月国土交通省国土地理院長就任。  
2008年10月から国立大学法人筑波大学大学院システム情報工学研究科客員教授としてご活躍。

### 国土地理院の役割は 地理空間情報の活用推進

本日は「地理空間情報の高度活用に向けて」をテーマに講演させていただきます。

まず、国土地理院の役割について説明します。国土地理院は、土地の測量や地図の調製に関する施策を通じて、地理空間情報の活用を推進し、国民生活の向上と国民経済の健全な発展に貢献する機関です。地理空間情報とは、地図をデジタル化した新しい形の情報のことです。

国土地理院のミッションは、利用者に価値のある使いやすいものとして、①基盤となる地理空間情報を整備・更新・提供すること、②多様な地理空間情報が効率的に整備され、それらが誰にでも入手・活用される環境を整えること、③国内外で連携して、地理空間情報の活用を推進すること、などです。いつでも、どこでも、誰でも地理空間情報が活用できる社会を目指して国土地理院は活動しています。

### 基盤地図情報が実現する地理空間情報の高度活用社会

地理情報システム（GIS：Geographic Information System）とは、従来の地図としてのデータ以外にさまざまなデータを重ね合わせ一体的に処理して、視覚的な表現や高度な分析を可能にした情報システムです。

また、衛星測位（PNT：Positioning, Navigation and Timing）とは、人工衛星から発射される信号を用いて位置や時刻情報を取得する技術です。

これら2つの技術の間に基盤地図情報を整備することで、お互いの情報を重ね合わせたり、自分の位置がわかっ

たり、測量が簡単になったりします。このような地理空間情報の高度活用社会を実現するため、日本では2007年に地理空間情報活用推進基本法が制定されました（図-1）。

基盤地図情報とは、みんなで共通で使う電子化された地図として最も重要であり、その整備・更新を国土地理院が進めています。

基盤地図情報には、測量の基準点、道路線、海岸線などの項目が決められています。それらの項目を集めてつくった白地図に、目的に応じてさまざまな地理情報を上乗せすることで、都市計画図、地籍調査計画図、再開発計画図など、さまざまな用途に使われています。

このほか、国土地理院では地理識別子の整備も進めています。基盤地図情報では座標の値で場所が決まりますが、この座標の情報がなくても、住所・番地、信号交差点名、道路通称名など文字で場所を示すことができます。こうした場所を表す名称やIDと、それが指す位置や範囲を組にしてGISで扱

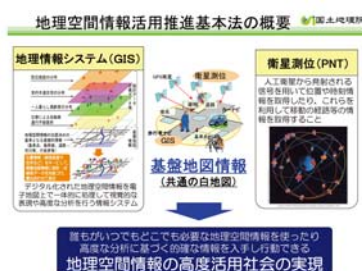


図-1 地理空間情報活用推進基本法の概要

# 特別講演

えるよう変換したのが地理識別子です。

例えば、日本と韓国は住所の表示形式が少し前まで同じでした。街区に沿って地番を付ける方式で、これを採用している大きな国は世界中で日本と韓国くらいでした。しかし、現在、韓国では世界的・一般的に用いられている表示方式に変更しているところです。通りの名前をもとに、そのサイドに位置番号、住居番号を付ける方式です。

日本ではなかなか住居表示を変えることにならないのですが、その代わりに地理識別子として地図上で案内できるIDの提供を考えています。例えば、交通事故が起きたとき、「〇〇通りの〇〇番で事故が発生」と連絡できるようにすれば、救急車やパトカーがすぐに急行できるわけです。地理識別子を使い、一般的にわかりやすい案内や地図検索を目指しています(図-2)。



図-2 地理識別子の活用

## 地理空間情報普及に向けたさまざまな課題と取組み

地理空間情報には個人情報に該当するものが多くあるため、どのように提供すべきか、提供すべきでないものは何かなどが議論になります。そこで、利用する側も提供する側も安心して扱えるよう、地理空間情報の提供・流通に関するガイドラインを国土地理院で

作成しました。

また、地理空間情報の普及のために電子国土 Web システムも作成しました。インターネットで簡単に地図が見られ、その地図にさまざまな書込みをして発信することでお互いの情報を共有できるシステムです。

簡単に地図が見られる意味では、Google マップがよく知られ、お店などを探すのに使う人が多い。この Google マップと同様に、行政上のしっかりした地図情報も、国土地理院がつくるプラットフォームをもとにオープンな仕組みで共有できるように進めています。

## 航空レーザ測量とモバイル・マッピング・システム

地図をつくる技術、あるいは地理空間情報を取得する技術として、航空レーザ測量が新たに登場しています。これは航空機が搭載した GPS (Global Positioning System: 全球測位システム) と IMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置) によって地表を三次元に計測する測量方法です。

航空機がどこを飛行しているかは GPS で、どちらを向いて飛行し、どれほど傾いているのかは IMU でわかります。この機能を使って、航空機から地表にレーザを照射し、それが跳ね返ってくる時間を計測することで、航空機から地表までの距離がわかり、地表を三次元に計測する仕組みです。後述しますが、この航空レーザ測量を使って国土地理院では地震によって沈下した地域の標高データなどを計測しています(図-3)。

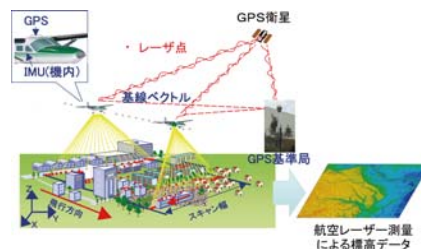


図-3 航空レーザ測量

別の新しい技術としては、モバイル・マッピング・システム (Mobile Mapping System: MMS) があります。自動車の上に GPS と IMU、レーザ・スキャナー、デジタルカメラを一体的に取り付け、周囲の地形データを取得する技術です。これは航空レーザ測量が航空機からレーザを出すのと同様に、自動車からレーザを出して簡単に計測できます。そして、取得した地形データを用いて地形図をつくる取り組みも進んでいます。東北地方太平洋沖地震の被災地調査では、このモバイル・マッピング・システムの機材を用いて、津波がどこまで来て、どれほどの高さだったのかなどの計測を行いました(図-4)。



図-4 モバイル・マッピング・システム

## 日本全国の地殻変動を測定する GEONET

GEONET (GPS 連続観測システム) は、位置情報の基盤の核となる技術です。GPS 衛星からの電波を日本全国に設置された 1240 個のアンテナが受け、地殻変動がどれだけ起きているかを調べています。また日常の測量を行

上で基準点となるデータの提供も GEONET の役割の一つです。国土地理院はこのような高精度な位置情報が使用できるシステムの開発整備も進めています。

GPS はアメリカが打ち上げた衛星です。このほかにロシアのグロナス衛星 (GLONASS : Global Navigation Satellite System) や、EU (欧州連合) が構築中のガリレオ衛星などがあります。また、中国やインドも衛星を打ち上げるのではないかとの話もあります。日本では準天頂衛星 (Quasi-Zenith Satellite) を打ち上げました。現在、1機の打ち上げが完了し、残りの数機をどのタイミングで打ち上げるかが議論になっています。

準天頂衛星は地上から見ると8の字を描いて飛んでいます。実際には地球の自転に合わせて地球の周りを回っています (図-5)。

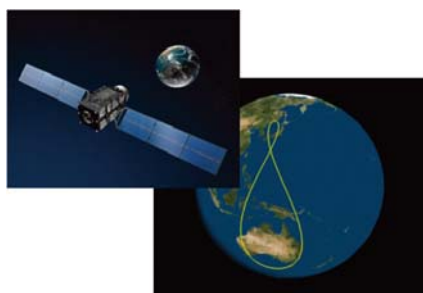


図-5 準天頂衛星 (イメージ) (左上) と準天頂衛星の軌道 (イメージ) (右下)

日本の真上近くにいる時間が長いため、日本国内では電波を真上から長時間受けられます。これにより、測量は迅速かつ便利に行われています。

### 3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震

今年3月11日の東北地方太平洋沖地震の発生を受け、国土地理院はさま

ざまな情報の収集・提供活動をしました。その際も、デジタル化した地図情報が非常に大きな効果を上げました。

東北地方太平洋沖地震の特徴は、非常に大きな津波が発生したことです。14時46分に地震が発生して、津波警報が14時49分に北海道から高知県の太平洋沿岸に発令されました。地震の揺れによって構造物は破損されましたが、それ以上に津波による被害が甚大でした。

宮古では15時25分に8.5m以上、相馬では15時51分に9.3m以上の最大波が観測されました。ほかの観測地でも地震発生から1時間前後が経過したあたりで大きな津波が来しました (図-6)。

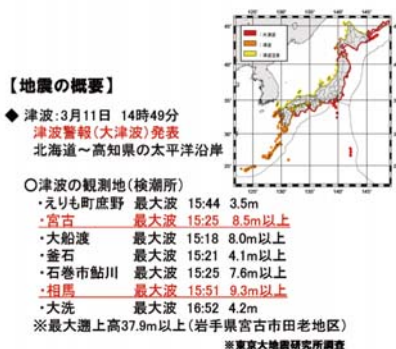


図-6 東北地方太平洋沖地震による津波の各観測地のデータ

日本列島は4つのプレートに挟まれて乗っています。北米プレート、ユーラシアプレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートです。これらのプレート間の地殻変動が大きな地震を頻発させています。

これほど地震が多い日本ですから、どれほどの地震が起きるかについて、事前にさまざまな検討がされていました。「どこで、マグニチュードいくつの地震が、何年以内に発生する可能性は何%」のような議論がされています。また、それに対する防災をどうするかについても、さまざまな面から考えら

れてきました。しかし、今回発生した地震は、予想をはるかに超えるものでした。しかも、南へと広がり連動していく地震でした。

### データから考察する東北地方太平洋沖地震

東北地方太平洋沖地震による津波の高さを棒グラフで示した資料が図-7です。過去に例のない高い津波となり、最大のものは15.8mにも及んでいます。

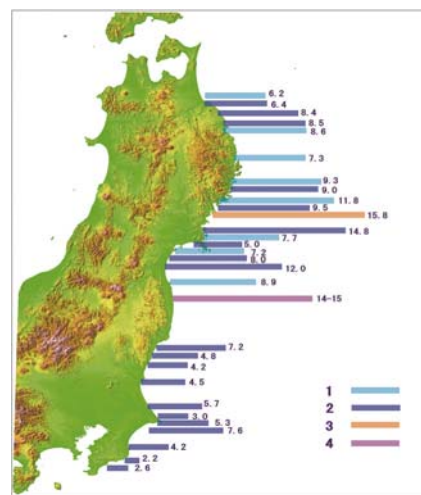


図-7 東北地方太平洋沖地震による津波の高さ

被害状況のデータは図-8です。5月25日時点では死者が1万5,217人、行方不明者が8,666人にもものぼります。現在は行方不明者が減少、死者が増加し、その合計は約2万人となります。

	東日本大震災 (2011) ※ 1	昭和三陸津波 (1933) ※ 2	明治三陸津波 (1896) ※ 3
死者	15,217	1,522	21,909
行方不明者	8,666	1,542	44
負傷者	5,339	1,092	4,398
流出家屋		4,034	8,524
倒壊家屋	98,005	1,817	1,844
浸水家屋	9,272	4,018	2,272

※1 警察庁緊急災害警備本部 (5月25日)、平成23 (2011年) 東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置  
 ※2 宇佐美隆夫 (2003): 最新版日本被害地震争訟 [416]-2001  
 ※3 震災予防調査会 (1897): 震災予防調査会報告第11号

図-8 東北地方太平洋沖地震による被害者の状況

これまで世界で起きた超巨大地震で最大のものは、マグニチュード9.5のチリ地震です。次いでマグニチュード9.2のアラスカ地震、マグニチュード9.1のアリューシャン地震などがあります。

過去の計測結果から日本の海溝においては、仮に地震の連動が起きてもマグニチュード8.0程度にしかならないだろうと考えられていました。しかし、想定外の地震となってしまいました。

## 東北地方太平洋沖地震がもたらした地殻変動

東日本沖の太平洋底には日本海溝があります。東北地方太平洋沖地震は、東日本が乗っている北米プレートとその右側の太平洋プレートが押し合っていて、地下のひずみが蓄積したことで発生しました。

東北地方太平洋沖地震は地殻変動も引き起こしました（図-9）。

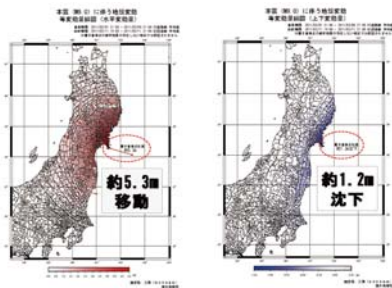


図-9 東北地方太平洋沖地震本震に伴う地殻変動水平変動量(左)と上下変動量(右)

日本の陸地に限れば、地震によって最も大きく動いた場所は、牡鹿半島の先端部分です。東南東に約5.3m動きました。地盤が最も沈下したところも同じ場所で、約1.2m沈みました。

地震前の仙台平野には、海拔ゼロメートル地帯が約3km<sup>2</sup>ありました。しかし、地震後に先述の航空レーザ測量をしたところ、海拔ゼロメートル地帯の面積が約5.3倍の約16km<sup>2</sup>に拡大

していたことがわかりました（図-10）。

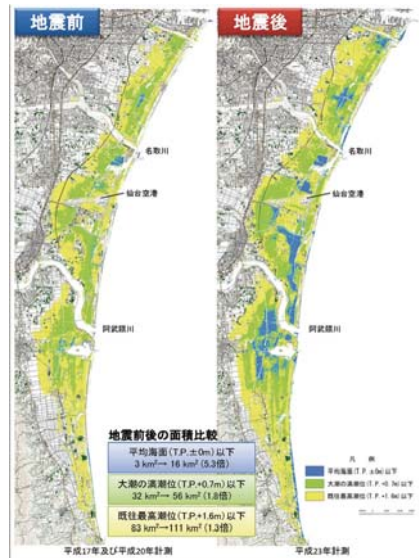


図-10 仙台平野における地震に伴う地盤沈下

このような事態が今、現実起きています。そもそも地震はなぜ地盤沈下を引き起こすのでしょうか。

海溝型地震発生のメカニズムを示した資料が図-11です。左図の1、右図の2ともに右側下が太平洋プレートで、図の左方向に動きます。対して左側上の北米プレートは動かないか、または図の右方向に動きます。

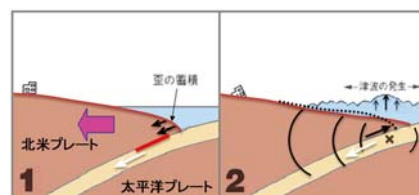


図-11 海溝型地震発生の模式図

太平洋プレートの沈み込む動きによって、左図1の赤色部分に摩擦が生じます。どんどん押されることで北米プレートの端が縮められ、ひずみが蓄積します。それを持ちこたえられなくなると、右図2の黒色破線の状態から赤色実線の状態へ一気に戻ります。これを「滑り」と呼んでいます。滑りの

前後を比較すると海溝の近くは隆起して、そこから離れた場所は沈降するのがわかります。こうして牡鹿半島は約1.2m沈降し、横方向の東南東に約5.3m動いたのです。

精度は違いますが、海中でも観測が行われました。その結果、地盤は横方向に約50m動き、6～10m隆起したことがわかりました。この海中での隆起によって大きな津波が発生しました。

日本海溝付近でこれほどまで大きな地殻変動が起きることは、あまり予想されていませんでした。しかし、非常に大きな地殻変動が生じ、それが大きな津波をもたらしました。

地震のエネルギーの大きさと津波の大きさは必ずしも比例しません。地震のエネルギーがさほど小さくなくても、海溝部付近ではものすごい地震が起こることが、今回わかりました。

地上に置いたGPS観測点の観測結果から、どこで滑りが生じたのかを推定した地図があります（図-12）。南北方向約450kmにわたる範囲で、横方向に最大24m動いたことが推計されています。

上下変動の動きを示した地図（図-13）を見ると、赤色部分が隆起した場所、青色部分が沈降した場所です。青色部分の左端あたりに、先述の日本で最も動いた陸地の牡鹿半島があります。なお、東京近辺は30～40cm動きました。

測定の基点となる三角点が日本全国に約11万個あります。そのうち約4万個が今回の地震で動きました。長野、富山、岐阜、青森など広い範囲にわたっています。このままでは測量に使えないため、国土地理院では今（2011年8月30日現在）、測り直しをしています。その結果をもとに新しい基準点の値が

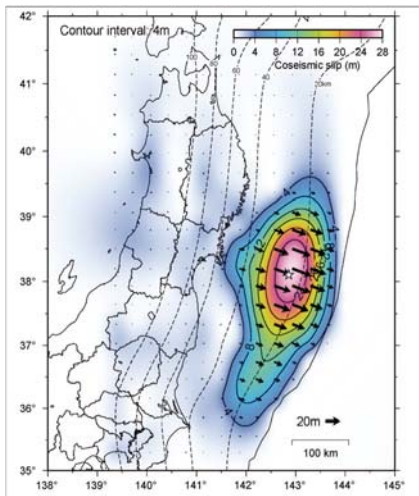


図-12 滑り分布モデル(GEONETデータに基づく)



図-14 空中写真の撮影から公開までの流れ

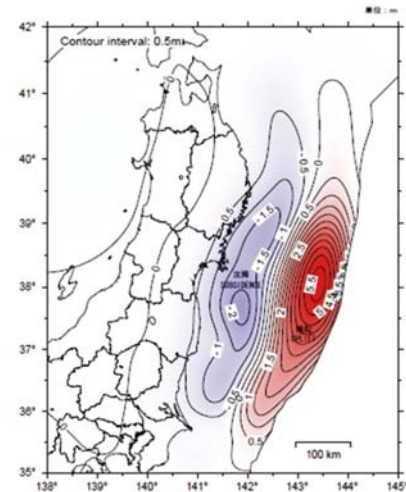


図-13 滑り分布から推定される上下変動

10月中に出せるように目指しています。

### 東北地方太平洋沖地震に対する 国土地理院の対応

東北地方太平洋沖地震における国土地理院の対応について紹介します。

3月11日14時46分に地震が発生し、直ちに航空機による緊急撮影を指示しました。翌12日、10時に航空機が離陸し、撮影を開始。18時に空中写真のデータ処理を始めました。その写真を13日深夜1時には官邸等の関係機関に提供を開始し、15時に空中写真を国土地理院のホームページで公開しました(図-14)。

その時点では、一般の方々是被災地がどうなっているのかを知る手段が全くない状況でした。ですから、この写真で知人宅の状態を確認したり、対応を考えた人が多かったようで、非常にアクセスが集中しました。現在は、空中写真を震災の前後で比較できるように処理をして公開しています。

また、撮影データは電子化して座標の値を付け加えることで、空中写真と地図とを重ね合わせることで、その地図の場所が現在どうなっているかをわかるようになります。こうしたデータを国土地理院が提供し、現地の役場職員や救助に向かう自衛隊員が「どこの被害が大きいか」「どこに救助に行くべきか」などを把握するのに実際に用いられました。

そのほか、空中写真をもとに浸水範囲概況図を作成しました。その作成から公開までの流れを図-15に示します。

まず、3月12日から空中写真の撮影を始め、その写真を見ながらどんな概況図に表現するかを検討しました。そして、翌13日13時30分には浸水範囲の判読作業を開始しました。実際にどこまで水が来て建物や田んぼがどれだけ被害に遭ったかなどを空中写真から読み取ったり、震災の前後で建物



図-15 浸水範囲概況図の作成から公開までの流れ

や家屋がどう変化したかを読み取って地図上に線を引いたりする作業を進めました。

浸水範囲概況図の作成により、仙台市域では52km<sup>2</sup>、全体では561km<sup>2</sup>もの範囲が津波で浸水したことがわかりました。この561km<sup>2</sup>とは、山手線の内側の面積の約9倍にあたります(図-16)。

先述のように、デジタル化されたこれらの地図は、座標値による位置情報を持っているので、ほかの地図情報と重ね合わせることができます。50m角のメッシュ内にどれだけ建物用地や幹線交通用地があるかなど、国土数値情報の土地利用細分メッシュデータを浸水範囲概況図と重ね合わせ、浸水範囲の土地利用別面積を国土地理院で作成しました(図-17)。

これによって、どの地域でどれくらいの面積が浸水被害を受けたのかを分析することが可能になりました。

また、国土地理院は復旧の進捗を表



図-16 浸水範囲概況図(全域、仙台空港付近)



図-17 浸水範囲の土地利用別面積

す地図、災害情報の集約マップも作成しました。

真上から撮影した写真では被害状態が実感しにくいこともあり、国土地理院では被災地域の斜め写真も提供しています(図-18)。この写真の地域全体が津波被害を受けたのですが、非常に高い解像度で提供することで一部をクローズアップさせて閲覧できるようにしています。



図-18 被災地域の斜め写真

## 国土地理院提供データはどのように活用されたか

国土地理院はつくば市にある災害対策本部に地理情報提供支援班を設置するとともに、被災現地では東北地方測量部と緊急災害対策派遣隊(TECFORCE)を窓口として、関係行政機関などのニーズ等に基づいて、紙地図や電子データにより地理空間情報を提供しました。その提供実績は5月24日までに1,206件にのぼります。これらの情報はどのように活用されたのでしょうか。

総務省では、被災地での平成23年

度の固定資産税および都市計画税の課税について議論をしていましたが、課税免除の区域指定にあたり国土地理院の浸水範囲概況図を参考にしました。

また、気仙沼市は、被災者に罹災証明を出すにあたり、高解像度の空中写真や津波浸水範囲図を利用しました。津波等による被災地の建築制限地区の設定を検討するのにも活用していることです。

森林総合研究所は、森林や海岸の松林の被害状況調査で現地に向かう際、空中写真を使って計画を立てました。また、空中写真をステレオ立体視・計測に用い、被災した樹木の高さや地盤高、林帯幅などの状態を検討しました。

農林水産省では、同省の地図と国土地理院の提供データを重ね合わせることで、農地の被害状況や集落との関係について早急に調査できたということです。

文化庁では、津波浸水域の提供データと伝統文化財の施設等を重ね合わせ、文化財の被害状況の検討に用いました。

国土交通省港湾局では、被害が大きかった港湾、防波堤や防潮堤について、あるいは津波によって漂流した船舶やオイルタンクの場所について、空中写真を使って調査しました。

新聞社でも、被害状況を多面的にとらえるために、提供データが活用されています。

地理空間情報は今、デジタル化され、ほかの情報と重ね合せられるようになってきました。その基盤となる位置情報を国土地理院は整備しています。これによって、今回のような災害時にも多くの行政機関が1つの目標に向かいデータを整理することが、かなり効率的にできたと考えられます。

日本は今後、災害自体を防ぎ、被害

を減らす必要があります。災害に備えるためにも、地理空間情報の情報そのものの蓄積とともに、効率的に使えるようにする工夫を着実に進めることが大事だと考えています。

ご静聴ありがとうございました。



本内容は2011年8月30日に開催された第22回日・韓建設技術セミナーにおける特別講演によるものです。