

# 教訓ノート5-2

5. ハザードマップ、リスク情報と意思決定

## リスク・被害情報管理



**著者**

齋藤恵子：世界銀行

# 教訓ノート5-2

## 5. ハザードマップ、リスク情報と意思決定

### リスク・被害情報管理

日本では、市町村は洪水、高潮、火山噴火、津波、内水、土砂災害に備えてハザードマップを作成している。被災後は、衛星画像や航空写真を組み合わせることにより、被害をかなり正確に評価することが可能である。2011年3月の震災では、被災についての包括的なデータを使って被害評価を迅速に進め、補償金や保険金の支払いに必要な時間が短縮できた。

日本は災害対策が整備されていることで知られている。その一つの重要な対策は「データの備え」である。

市町村は、自らが直面しているリスクを理解し、災害警報を確実に入手できなければならない。日本では予想される災害の規模や避難所と避難経路を記載しているハザードマップが、災害リスクに対する住民の意識を高める手段として作成され、各家庭や学校、病院などの公共機関に配布されている。また、地震と津波の発生直後から、被害に関する情報は、リモートセンシング・データや官民のデータセット、Ushahidiという地図アプリケーションをベースにした震災情報ウェブサイト“sinsai.info”などのオンラインツールなど、様々なトップダウン、ボトムアップツールを駆使して迅速に収集され、関係機関の間で共有された。データ収集・伝達の努力が被災住民への支援、必要としている地域への物資のタイムリーな配分、効果的な復興計画の立案を支えた。

### 知見

#### 国土交通省のハザードマップポータルサイトを通じた自然災害リスクの情報公開

日本では市町村は洪水、高潮、火山噴火、津波、内水、土砂災害について防災マップを作成している。これらのマップには、予想される災害の規模と範囲に関する情報だけな

図1：国土交通省ハザードマップ・ポータルサイトの画面。緑色で津波ハザードマップを公表している市町村を示している。クリックすると市町村のウェブサイトにつながり、実際のハザードマップにアクセスできる。



出所：国交省

く、避難所や指定された避難経路も記載されている（KN5-1）。国交省が立ち上げたハザードマップ・ポータルサイトには、入手可能なすべてのハザードマップが含まれており、自然災害のリスク情報を入手できる（図1）。

### 事後の被害データ収集

日本の自衛隊は過去の災害から教訓を得て、緊急対応計画を改善してきた。自衛隊の任務の一つは、大規模災害の発生直後から被災地の状況を把握することである。今回の震災の際には、本震後、直ちにヘリコプターが派遣された。ヘリコプターは迫り来る津波の映像を日本と全世界のニュースチャンネルに流し、人と物資の迅速な動員に寄与した。

自然災害の発生直後から被害情報を収集することにより、救援活動のために適切な人員と物資を割り当てるのが可能になる。従来、被災地に人員を派遣してデータが収集されてきた。しかし、過去10年間に、空間分解能の向上（1メートル未満でも光学衛星画像

表1：宇宙航空研究開発機構が行った衛星からのリモートセンシング・データの利用調査の抜粋（2011年）

利用機関	データ利用
内閣官房	特定地域の調査。例えば、仙台空港、福島原子力発電所など。震災前後の画像。最大浸水地域の地図。
内閣府	ALOS震災後画像を用いた俯瞰図。国際災害チャータのデータ。福島原発関連の画像。
国土交通省	最大浸水地域を示す地図。2011年3月21日、25日、30日に採集されたPALSARとAVNIR-2の解析に基づくデータ。浸水地域に関するデータも継続して提供された。地すべりの危険が高いと指定された4万カ所を監視する要請。山火事/野火の監視。
農林水産省（MAFF）	農地の浸水および停滞水の状況に関する情報の要請。浸水した農地面積は、6県合計で2万4000ヘクタールと推定。千葉県と茨城県の北部における浸水情報も要請。地盤調査や復旧計画を検証するための農水省によるデータ利用。
水産庁	行方不明船舶の沖合捜索を支援するために協力を要請。
環境省	三陸沖を漂流するがれきのマップ作成に援助を要請。陸前高田市周辺だけですでに560,000m <sup>2</sup> のがれきが確認されている。
文部科学省	福島原発の画像。
国土地理院	利用可能なすべての画像を提供。国土地理院が提供する電子コントロールポイントとJAXAが分析したInSARデータを用い、牡鹿半島で3.5メートルの地殻変動が確認された。
宮城県	宮城県のある公園でのSOS信号を観測したことが国際災害チャータにより報告された。
岩手県/岩手大学	道路の通行可能性をモニタリング
国土交通省関東地方整備局	国際災害チャータを通して提供された液状化区域の地図作成。

で表示可能) や取得コスト低下のおかげで、リモートセンシング・データを使うことが可能になった。

災害発生後、最初に入手できるのは衛星データであり、次に航空写真であるが、後者のほうがより詳細な画像が得られる。他方、航空写真による調査は飛行機の準備などにより遅る可能性があるが、人工衛星はすでに軌道上を周回しており、衛星の状態にもよるが、通常24時間ないし数日でデータを提供できる。航空写真調査は気象条件がよいことが前提であり、一枚の画像がカバーできる区域は衛星画像の場合より狭く、一定地域内を写真撮影するのにかかる時間は長くなる。

国際災害チャータ（The International Charter）は、加盟国に空間データの取得・配信システムを提供している。加盟国は自然災害または大規模事故の緊急時には、無料で衛星データの提供を申請することができる。リモートセンシング・データは事前に指定された専門業者（value-adding vendors）により分析され、被災国が必要とする情報が抽出、配信される。東日本大震災では、国際災害チャータは日本の認定ユーザーである内閣府を通してさまざまな情報を提供した。チャータを通して制作されたデータは、津波による浸水の範囲を示す画像から状況の確認、がれき量の推定など多岐にわたって使用された（表1）。

### 民間の航空測量会社と国土地理院との官民パートナーシップ（災害協定）

日本は、大規模な自然災害の経験を踏まえ、リモートセンシング・データの利用を推進してきた。1995年に阪神・淡路大震災では、日本放送協会（NHK）は被害状況を捉えるために高解像度（ハイビジョン）ビデオカメラを搭載したヘリコプターを神戸上空に派遣した。また、民間の航空測量会社は航空機を配備し、自然災害の発生時には航空写真その他のリモートセンシング・データ（例えば、地すべりや火山噴火の場合は、LiDAR [レーザー強度方向探知ならびに測距] データ）を収集する。現在、主要航空測量会社は、国土地理院との災害協定により、共同で被害情報を収集するより効率的な活動を目指している。また、近年の自然災害が引き起こした変化の記録が保存されている。

東日本大震災の津波の発生後には、災害協定により1カ月かけて東北地方沿岸全域（約500km）の海岸線の航空写真が撮影された。

### リモートセンシング・データを利用した津波浸水区域の地図作成

津波発生から早くも5日後に、国土地理院は3月12、13日に撮影された航空写真の手作業での分析に基づいて浸水地域の総面積は400km<sup>2</sup>であるとの最初の推定を発表した。それからほぼ1カ月後の4月18日に、政府は浸水総面積は561km<sup>2</sup>であると正式に発表した。この増加は、追加の航空写真と以前は含まれていなかった地域の高解像度光学衛星画像が利用できるようになった結果である。

国土地理院の作成した浸水地域マップは公式情報とみなされたが、他の組織もさまざまな方法とデータ源を用いて浸水地域を地図化した。このリストは地震工学現地調査チーム（EEFIT）（2011）で見ることができる。

総務省統計局は、30の市町村について国土地理院の航空写真から推定した被災人口数と民間企業が独自に集計したそれとを比較した。二つの推定の相違の一部は表2に示されている。ほとんどの場合、差はそれぞれの市町村の総人口と比較すれば無視できる範囲である。しかし、ごく少数ながら、相違が当該市町村の総人口の20%以上に達したケースがあった。塩竈市の場合、差異は総人口の30%を超えた。全部の比較の結果は、統計

表2：二つの異なる浸水区域推定法を用いた、宮城県内市町村の被災住民推定の違いの例

地方自治体	総人口 (2007年国勢調査)	浸水地域の住民数			差異の総人口に対する比率 (%)
		国土地理院による推定	民間会社による推定	国土地理院と民間会社推定の差異	
仙台市宮城野区	182,678	17,375	11,858	5,517	3.0
仙台市若林区	129,942	9,386	8,700	686	0.5
仙台市太白区	222,447	3,201	2,519	682	0.3
石巻市	167,324	112,276	102,670	9,606	5.7
塩竈市	59,357	18,718	173	18,545	31.2

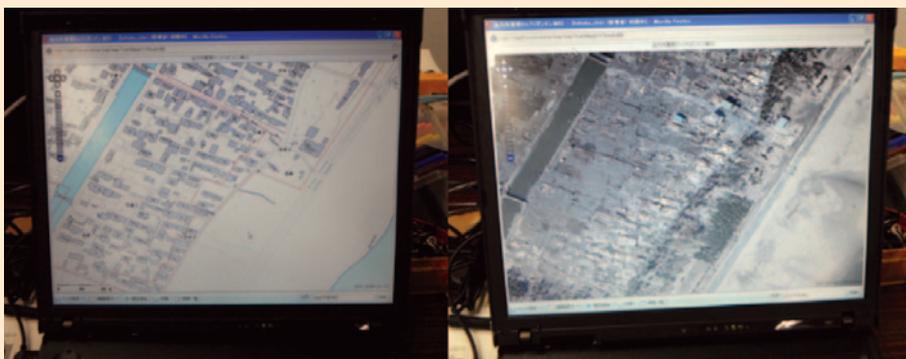
局のウェブサイトで見ることができる。

宇宙航空研究開発機構（JAXA）のALOS衛星画像と国土地理院の航空写真を利用して作成されたマップを独自に検証した研究において、沢田（2011）は、浸水地域の推定面積に大きな違いがあることを明らかにした。すなわち、航空写真に基づく解析は、衛星画像に基づく解析の2倍にもなった。

## 日本における空間データの備え

政策決定者が災害への備え、災害発生後の対応、復興計画について十分に情報を把握して決定を下すためには、空間データが必要である。空間データは、主要なインフラ、人口、農業、工業施設などの位置情報が含まれる。日本では、これらのデータセットは、ラスター、ベクターどちらのフォーマットでも国土地理院のウェブサイトから無料で入手できる。建物のデータは、日本全国について民間からも入手できる。これらのデータセットを被災地域（例えば、津波による浸水の範囲）に重ね合わせれば、迅速な被害評価が可能になる。民間の建物データセットは、行政機関による緊急対応活動に役立てるため関係機関に無料で配布された。（図2）。

図2：民間による建物毎の被災前データセット（左）と3.11後の航空写真（右）。オープンソースのAll311.ecomプラットフォームでは、両者を重ね合わせることができる。これらのマップは、東北地方のボランティアセンターでアクセス可能である。市町村は申請することで無料でこのシステムをインストールできた。



出所：All311 Web site.

## 航空写真利用による政府補償と保険金の支払いの迅速な決定

航空写真や衛星画像は、都道府県・市町村から支払われる補償や地震保険の保険金支払いの対象を決めるために革新的な方法として活用された。浸水区域は航空写真を見れば一目瞭然であり、また津波は非常に強力だったので、沿岸の浸水地域内にあった建物は全壊と認定され補償対象となった。

この事例の革新性は、調査員を被災地に派遣しないで支払いがなされたという点にある。すなわち、航空写真を、請求を検証する唯一の情報源として使ったのである。申請から支払いまでの手続きを迅速化し、地震保険による支払額は、地震から1カ月半後にあたる2011年4月の最終週には一日あたり2億5000万ドルに達した（KN6-2）。

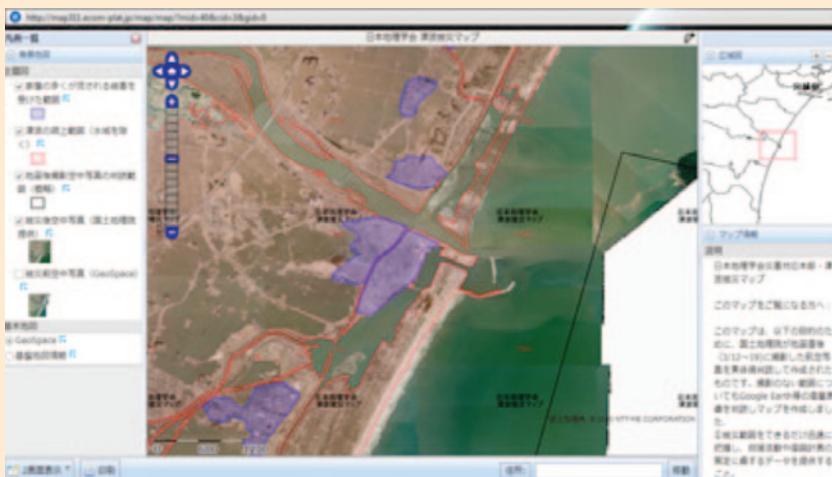
日本ではデータの整備は進んでいるが、情報の一部は日本語でしか入手できないことも多い。オープンストリートマップ（Open Street Map：OSM）は、自由に利用できる全世界の詳細な空間データを収集・制作している国際的なボランティア技術プロジェクトである。各国のボランティアが利用可能な衛星画像をトレースして地図を作成している。地形データや英語の注記を求める国際社会の要望に対応して、OSMボランティアは東北地方沿岸全体の詳細な地図を作成し、本震からわずか数時間後にオンライン公開した。

### Box 1：ハイチとクライストチャーチにおけるリモートセンシング・データを用いたクラウドソーシングによる被害評価

データ量の多い“ビッグデータ”を分析するために、例えば、クラウドソーシングを用いて災害情報を主要建物や構造に関するジオコード（geocoded）情報と結合すると、被害情報を迅速かつある程度の精度をもって提供できる。東日本大震災では、被害がある（全壊）／ない、という二元被害評価システムが用いられた。震災前に整備されていた建造物の位置を一棟一棟表わした地図が津波の浸水域と重ね合わされ、建物の破壊状態に関する信頼性の高い評価が可能になった。

同様の方法は、ハイチとクライストチャーチ（ニュージーランド）における地震被害評価においても使われた。また、この手段を用いて達成される精度が検証されている。リモートセンシング・データは洪水被害評価のためにも利用されてきた。どの場合においても、主要インフラについての関連するデータが入手できれば、被害評価の精度が高まることは明らかであり、データの備えは有益である。

図3：防災情報マッシュアップサービス（GDMS）のオンラインインターフェース



出所：gdms.jp.

OSMの地図はオープンライセンスの元に作成されている。すなわち、データは異なるプラットフォーム間で共有できるようになっている。このマップのもう一つの特徴は、英語はもとよりローカルの言語でも注釈が併記されることである。さらに、地図上で使われている地図記号などは国際的に標準化されており、一貫性を感じさせる。一部の国では、OSMプラットフォームは、自然災害のリスクにさらされている住民自身が、地域社会に関するデータを収集することで、住民の意識を高める手段として利用されている。

### 地震・津波発生後、空間データを保存・配信するオンラインプラットフォーム

作成された空間データの多くは、オープンデータである。いくつかのオンラインプラットフォームは、被害評価を支援し、地上での緊急対応活動を促進し、地域社会を助けるために、これらのオープンデータセットを管理、配信するために立ちあげられた。例として緊急地図作成チーム（EMT）と防災情報マッシュアップサービス（GDMS、図3）研究会があげられる。プラットフォームの大半は地図インターフェースを用いているが、GDMSでは掲載されているデータは空間的にビジュアル化されている。

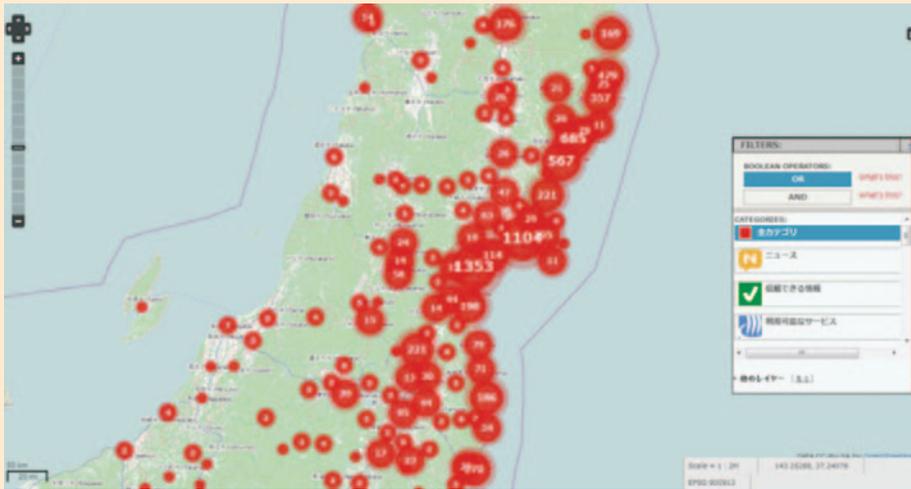
### 市民からの情報の共有化のためのソーシャルメディア利用

近年、災害発生後にソーシャルメディアが全世界で活用されている。通信網に大規模な障害が発生した津波直後でも、被災地からの情報は、ツイッターやフェイスブックなどのソーシャルメディアで広がった（KN3-2）。また多くの家族がこれらのメディアを使って連絡を取り合った。日本の携帯電話ネットワークと電気通信会社は、加入者が災害時に家族にメッセージを送ることができる安定したサービスを提供している。また、グーグルは、オンライン・パーソンファインダー [消息情報サービス] を立ち上げた。

ツイッターやフェイスブック、Ushahidiなど新しいタイプのソーシャルメディアは、地域社会が必要とする情報を収集する世界標準として定着している。Ushahidiは市民からの情報共有化を可能にするオープンソース・オンラインインターフェースである。2008年にケニアで公正な選挙を推進するために開発されたこのプラットフォームでは、ツイッターやEメールで誰でも情報をアップロードしたり、救援を求めたりすることができる。さらに地図インターフェースを使ってビジュアル化もされていて（図4）、行動につながりやすいようにできている。UshahidiとOSM Japanを結合したsinsai.infoは、震災直後、東北各地からの援助要請を表示するため、OSMデータをベースマップとして利用してつくられた。

All311は震災直後に立ち上げられたもう一つのサイトである。防災科学技術研究所が運営しており、防災科学技術研究所が開発したeコミュニティ・プラットフォームを用いてつくられたこのサイトは、復興活動に関する政府機関、市民団体の情報をまとめて提供している（日本語のみ）。eコミュニティは、空間情報を含む情報を共有するプラットフォームを開発するためのオープンソース・ツールである。

図4：Ushahidiプラットフォームに基づくsinsai.infoのインターフェース。赤い円は地元から寄せられた援助要請の件数と位置を示している。円の大きさはその位置で記録された要請件数に比例している。震災発生後にボランティアによってつくられた東北地方のOSM地図を背景に使っている。



出所： <http://www.sinsai.info/>

## 教訓

- 衛星画像は航空写真より早く入手できるが、細部まではあまり明らかにならない。東日本大震災後、大手航空測量会社と国土地理院は、災害協定に基づき、被災地域の航空写真を撮影した。震災発生から5日後、国土地理院は入手した航空写真を目視により解析し推定浸水地域を公表した。
- 技術の限界についても認識しておかなければならない。今回の震災においては、航空写真から地図化した浸水地域は、衛星画像から地図化した地域よりはるかに広大であった。
- 津波浸水地域の推定と民間から入手できる建物のデータを重ね合わせて、全壊建物を判定することにより、保険金支払いに早く対処することができた。
- クラウドソーシングによるデータ収集には、大きな潜在的可能性がある。東日本大震災では、Open Street Mapのボランティアが動員され、日本・英語による注釈

付きの被災地図が作成された。また、対応・復旧に役立つ空間データを保管・配信するためにオンラインプラットフォーム（sinsai.infoとAll311など）が立ち上げられた。

## 途上国への提言

- ワンストップ・オンラインポータルは、ある特定の国にハザードマップを普及させるのに有益である。しかし、インターネットでのアクセスが容易でない国では、オンラインポータルが最適とは必ずしも言えないだろう。紙の地図や小冊子など旧来の方法も活用すべきである。
- データの備えは、事前の災害リスク管理においても、被災後の緊急対応・復興計画立案においても不可欠である。主要インフラに関するデータ収集は、平常時から行うべきであり、常に更新していなければならない。データは都市計画など、他の目的に利用することもできる。
- 衛星画像と航空写真は、震災後の被害評価において日常的に使われている。インフラと被災のデータを結合することにより、相当の精度をもって被害を評価できる。収集されたデータは、管理が行き届いた専用の保管所に保存し、リスク評価のためにデータを分析する適切なツールと組み合わせる必要がある。
- 新しいICTツールは、緊急時にますます多用されるようになってきている。Ushahidiプラットフォームに基づくsinsai.infoのように、オープンソース・ポータルは、住民の救援要請を記録し、それに基づいて行動を起こすことを可能にする重要な手段となる。ボランティア主体のこれらの活動と政府機関が協働する仕組みづくりがますます重要になっている。

## 著者

齋藤恵子：世界銀行

イギリスの地震工学現地調査チーム（EEFIT）に特に感謝申し上げる。

## 参考文献

Corbane, C., K. Saito, E. Bjorgo, L. Dell' Oro, R. Eguchi, G. Evans, S. Ghosh, B. Adams, R. Gartley, F. Ghesquiere, S. Gill, T. Kemper, R.S.G. Krishnan, G. Lemoine, B. Piard, O. Senegas, R. Spence, W. Svekla, and J. Toro. 2011. A Comprehensive Analysis of Building Damage in the January 12, 2010, M7 Haiti Earthquake Using High-Resolution Satellite and Aerial Imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Special issue on the 2010 Haiti Earthquake.

EEFIT. 2011. *The Mw9.0 Tohoku Earthquake and Tsunami of 11th March 2011—A Field Report by EEFIT*. London, UK.  
<http://www.istructe.org/resources-centre/technical-topic-areas/eefit/eefit-reports>

Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR) . 2011. *Volunteer Technology Communities Open Development*. World Bank Group: Washington, D.C.  
<http://www.gfdr.org/gfdr/sites/gfdr.org/files/documents/Volunteer%20Technology%20Communities%20-%20Open%20Development.pdf>

Ushahidi. 2011. <http://www.ushahidi.com/>

国土交通省 (2011) 「ハザードマップポータル」  
<http://disapotal.gsi.go.jp/>

国土地理院 (2011) 「津波による浸水範囲の面積について」  
<http://www.gsi.go.jp/kikaku/kikaku60001.html> (version 1)  
<http://www.gsi.go.jp/common/000059939.pdf> (version 5)

五味淳 (2011) 「東日本大震災へのJAXAの対応について」  
[www.jaxa.jp/press/2011/04/20110406\\_sac\\_earthquakes.pdf](http://www.jaxa.jp/press/2011/04/20110406_sac_earthquakes.pdf)

沢田治雄 (2011) 「リモートセンシング技術の利用」  
<http://stlab.iis.u-tokyo.ac.jp/~sawada/files/GreatEarthquakePresentatio0425.pdf>.

消防庁 (2011) 「地方公共団体の防災対策及び東日本大震災における災害対応等」  
[http://www.fdma.go.jp/disaster/chiikibousai\\_kento/01/shiryo\\_05.pdf](http://www.fdma.go.jp/disaster/chiikibousai_kento/01/shiryo_05.pdf)

ゼンリン（2011）「住宅地図データと震災後の航空写真画像の比較により復興作業を支援」

<http://www.zenrin.co.jp/news/110415.html>

総務省（2011）「東日本大震災における浸水域情報の違いによる平成22年国勢調査（速報）集計値の差異」

[www.stat.go.jp/info/shinsai/zuhyou/sai.xls](http://www.stat.go.jp/info/shinsai/zuhyou/sai.xls)

東日本大震災協働情報プラットフォーム トップページ（2011）

<http://all311.ecom-plat.jp/>