

防災用途の事例

～地震・火山防災関連情報の紹介～

山本直孝^{1) 2)}

1. はじめに

我が国は美しい自然や温泉などに恵まれた環境にある反面、地震や津波、地すべり、火山噴火など地質の性質に密接に関連した自然災害が多い国です。私たちはこのような自然災害による被害を軽減するために、地質調査に基づいて断層や火山のこれまでの活動履歴と現在の状態を明らかにすると同時に、最新の観測情報に基づいた活動の監視や予測研究を進めています。我々地質調査総合センター(GSJ)が公開している防災に関連した情報は大きく分けて2つに分類されます。1つ目は調査結果のスナップショットとも言えるもので、陸域・海域の地質図幅や地質調査研究報告、活断層・古地震研究報告などの、基本的には時間変化の少ない静的な情報です。そこには活断層であればこれまでの地震活動の履歴、火山であればこれまでの噴火活動の履歴などが記されています。もう1つは、今現在のその場の情報と言えるもので、前者の静的な情報に対して動的な情報です。これらには、「火山衛星画像データベース」や「ASTER高温領域検出システム」、「地震に関連する地下水観測データベース(Well Web)」、「地震動マップ即時推定システム(QuiQuake)」など、常にその時々情報を発信し続けるデータベースです。これらに加えて我々は、自然災害発生時には緊急調査を実施して、その結果を「災害と緊急調査」としてGSJのホームページ(<https://www.gsj.jp/> 2014/01/20 確認)に関連する地質情報と共に発信しております。例えば直近では、東京都小笠原村・西之島火山の噴火に関連する情報を発信しました。さらに、TwitterやFacebookなどのソーシャルメディアも積極的に活用した情報発信も開始したところです。本稿では、防災用途の事例として火山と地震の防災に関連する情報発信についてご紹介します。

2. 地震・火山防災関連データベースの概要

2. 1 地震に関する情報

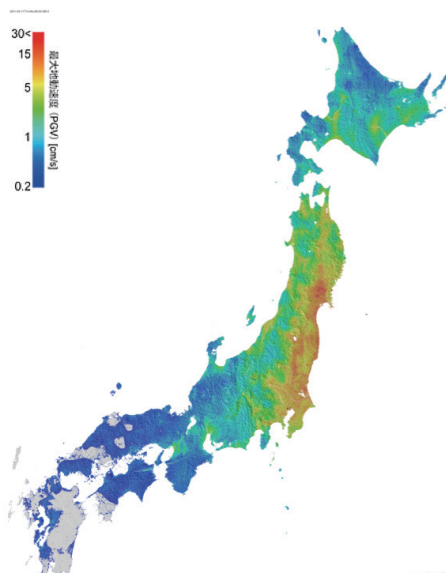
地震に関連したデータベースとしては、「活断層データ

ベース」、「地殻応力場データベース」、「地震に関する地下水観測データベース(Well Web)」、「地震動マップ即時配信システム(QuiQuake)」などがあります。「活断層データベース」(<https://gbank.gsj.jp/activefault/> 2014/01/20 確認)は活断層研究会(1991)などの公表文献から日本の活断層に係る情報を収集したデータベースです。このデータベースでは、個別の活断層の情報を検索する「起震断層・活動セグメント検索」や、活断層に関する論文や報告書を検索できる「活断層関連文献検索」、活断層の調査地点の情報を検索する「調査地検索」を使って、地図や歴史地震名、パラメータ代表値等をキーワードとして検索することができます。さらに「地下構造可視化システム」(<https://gbank.gsj.jp/subsurface/> 2014/01/20 確認)を利用することで、活断層の地下構造のイメージを表示することもできます。「地殻応力場データベース」(<https://gbank.gsj.jp/crstress/> 2014/01/20 確認)は、現状では主に地震研究の一環として測定、観測されたデータを中心に、日本国内の地殻応力に関する公開情報を収集したデータベースです。ここからは、水圧破碎法や応力解放法などといった地下の岩盤にかかっている応力の直接測定結果や、ボーリングコアを用いた測定情報、地下の応力の方向と関係が強い地震波のS波異方性の情報などが検索できます。これら活断層と地殻応力場に関する2つのデータベースは、過去の情報の蓄積と緻密な調査による成果ですので、今後の地震などの活動を予測する上で重要となる、過去の活動の履歴や現在の状態を知ることができる、言わば静的な記録情報です。

一方、現在の測定値を随時連続的に公開し続けている動的な情報としては、「地震に関する地下水観測データベース(Well Web)」と「地震動マップ即時配信システム(QuiQuake)」があります。「地震に関する地下水観測データベース」(<https://gbank.gsj.jp/wellweb/> 2014/01/20 確認)では、地震予知研究の一環として観測・解析している関東から四国にかけての太平洋側を中心とした、50ヶ所あまりの観測点の井戸の地下水位、歪、水温、地震波

1) 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 地震・火山防災研究ユニット
2) 元産総研 地質情報研究部門

キーワード：防災、火山、地震、ワークフロー、強震動、液化化、ソーシャルメディア、ASTER、QuiQuake、地質災害



第1図 QuiQuakeにおける地震動マップの例。2011年(平成23年)東北地方太平洋沖地震の推定された最大地動速度(PGV)マップ。

形などの日々の最新データを提供しています。また、観測データを解析するためのツールも公開されています。「地震動マップ即時配信システム」(<https://gbank.gsj.jp/QuiQuake/> 2014/01/20 確認) (松岡・山本, 2009) は、災害被害を軽減するための研究の一環として、自治体や企業のBCP (Business Continuity Planning: 事業継続計画) や効果的な地震災害対応のための基盤情報として、地震後に地震記録が公開されると即座に日本全国の地震動マップを推定して結果を公開しています。2014年1月現在、速報版の地震動マップ (QuickMap) と確定版の地震動マップ (QuakeMap), 液状化危険度マップ (LiquickMap) の3つのマップを公開していますが、その一例として、2011年(平成23年)東北地方太平洋沖地震における最大地動速度(PGV)マップを第1図に示します。

2. 2 火山に関する情報

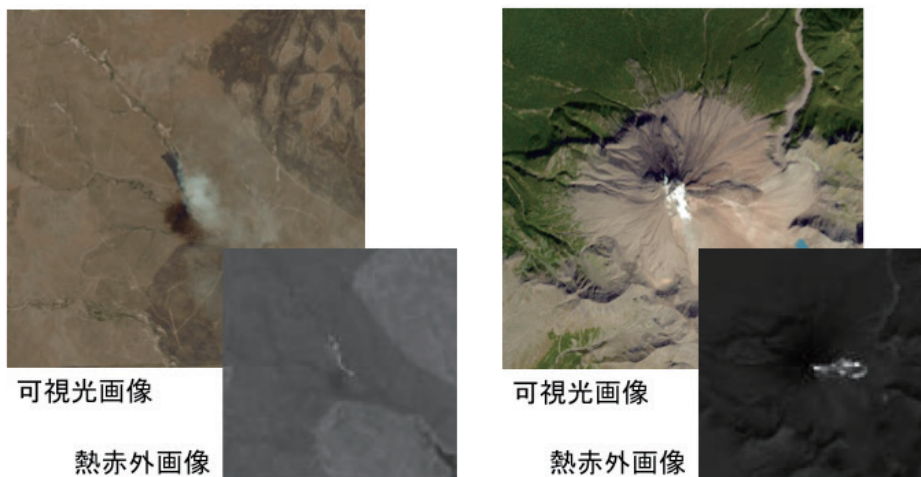
火山に関連したデータベースとしては「日本の火山データベース」, 「火山衛星画像データベース」, 「ASTER高温領域検出システム」などがあります。「日本の火山データベース」(<https://gbank.gsj.jp/volcano/> 2014/01/20 確認) は、中野ほか (2013) の日本の火山 (第3版) に基づいて、約260万年前から現在までの時代である第四紀 (奥村ほか, 2009) と呼ばれる時期に活動した日本の火山の情報を集めたデータベースで、火山名や火山分布図から目的の火山の情報を検索することができます。さらに、各火山の主な活動期や活動年代・最新活動年、災害・噴火記録等が、様々な文献情報から統合されて提供されています。

2つ目の「火山衛星画像データベース」(<https://gbank.gsj.jp/vsidb/> 2014/01/20 確認) (浦井, 1995) は、前述の日本国内の火山のみを対象とした「日本の火山データベース」とは違って、世界の964火山について“ASTER” (津・Kahle, 1995; Yamaguchi *et al.*, 1998) で撮影された衛星画像データベースで、2000年以降に観測された全ての画像を公開しています。“ASTER”とは経済産業省が開発した地球観測衛星センサ (人工衛星に搭載するカメラ) で、1999年末に打ち上げられたNASA (米国航空宇宙局) の地球観測衛星Terraに搭載されています。また、ASTERセンサには可視域に3バンド、短波長赤外域に9バンド、熱赤外域に5バンドなどの多くのセンサーを有しているため、温度に関する情報も得ることができる特徴があります。この情報を利用して、「ASTER高温領域検出システム」は、ASTERセンサの温度を感知する熱赤外バンドの観測データを自動的に処理し、森林火災や火山噴火活動などにより温度が高くなっている領域を検出して、その画像や温度を公開します。本システムによって捉えられた森林火災と火山活動の例を第2図に示します。このシステムと「地震動マップ即時配信システム (QuiQuake)」については、次章以降でさらに詳しく紹介します。

3. 地震・火山防災関連情報の発信

3. 1 ASTER高温領域検出システム

「ASTER高温領域システム」は、火山衛星画像データベースと同じくASTERセンサによって取得された観測データを自動的に処理しています。このシステムでは、ASTERセンサの熱赤外バンド (いわゆるサーモグラフィ) の観測データを用いて、指定した値以上の温度になっている地点が観測された時を、イベントとしてデータベースに記録しています。このシステムの処理の流れを第3図に示します。まず、衛星情報アーカイブに新たな観測データが追加されたことを監視しているホームページの更新情報通知機能 (RSS) により発見し、その都度自動的に処理プログラムが実行されます。高温領域が検出された場合には、検出結果記録データベースに必要な情報を記録し、地図やGoogle Earth等にイベントの位置や時刻などを表示します。このシステムでは、前述の火山衛星画像データベースとは異なり、高温になっている画像だけを対象としているために、全ての火山についての画像が得られるわけではありません。温度が高い領域がある、すなわち噴煙や溶岩流等が観測された場合にのみイベントとして記録され、可視光画像や熱赤外画像がアーカイブされることとなります。さらに、森林火災や工場などからの排熱も、規模によって



第2図 ASTERによる高温領域の例。熱赤外画像は温度が高いほど白く表示されている。いずれの画像も10km四方である。
 左：2011年8月30日8時6分38秒（世界時）に撮影された南緯24.6度，東経31.4度（南アフリカ共和国マンイェレティゲーム保護区付近）で発生している森林火災。可視光画像では噴煙が確認でき，熱赤外画像では火元と思われる高温部が帯状に見られる。
 右：2011年9月5日0時31分50秒（世界時）に撮影された北緯55.1度，東経160.3度（カムチャッカ半島）にある火山。東（画像右）方向へ高温の溶岩流が流れている様子が見られる。



第3図 ASTER高温領域検出システムの処理の流れ。衛星情報アーカイブに新規観測データが追加される都度自動的に処理を実行する。検出記録は位置情報付きRSS形式で配信され新規イベントを容易に表示できる。

は高温になるため検出される可能性があります。従って、どのような熱源によるものであるかの判定は別途行う必要がありますが、火山噴火であれば避難情報の発令の根拠、森林火災であれば消火活動などへの支援情報として利用することが可能です。

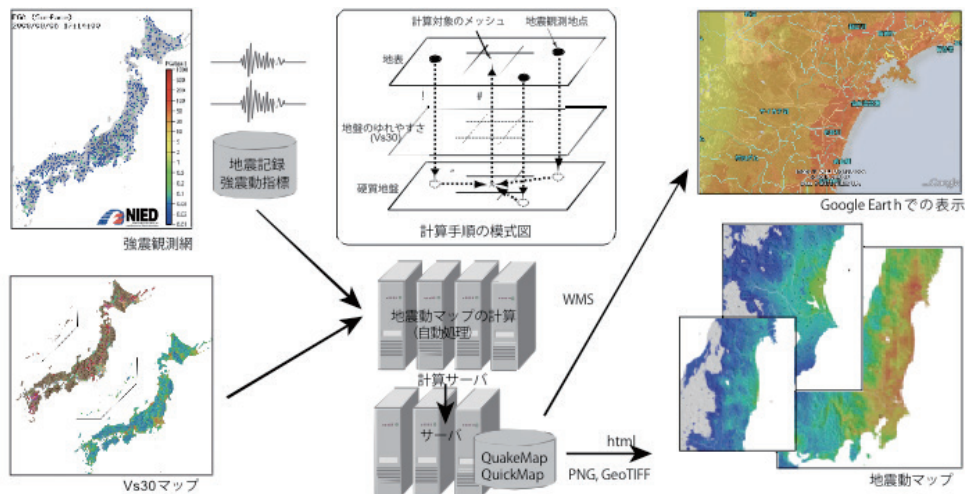
しかしこのシステムでは、ASTERセンサによる観測データのみを利用しているため、撮影から解析まで数時間～数日程度を要する場合がありますし、最短でも16日間の周期でしか観測できないため、観測していない領域での火災は検出することができません。この点については、NASAから公開されているLandsat8等、他の人工衛星も含めた

複数の観測データを用いることで、観測頻度を上げる計画です。また、ASTERセンサと同じくTerra衛星に搭載されているMODISセンサは、ほぼ全球を1日に1回観測しているため、毎日の監視に役立てることができます。

一方、観測頻度を上げることは広範囲の撮影を一度にしなければいけないことを意味しますから、結果として空間分解能が低くなってしまふというデメリットが生じます。逆に、空間分解能を高くすると視野が狭くなり、結果として観測頻度が下がってしまうというトレードオフがあります。このような問題を解決するため、これまでのように高性能で大型の人工衛星を少数打ち上げるのではなく、小型の衛星を低コストで多数打ち上げることで観測頻度を向上するといった計画もありますので、今後は様々な観測データを取り込むことで実際の防災活動に役立てていただくことを目指しています。

3.2 地震動マップ即時配信システム (QuiQuake)

「地震動マップ即時配信システム (QuiQuake)」は、地震発生後に地震記録が公開されると、即座に日本全国の地震動マップを推定して、結果を公開するシステムです。処理システムの流れを第4図に示します。このシステムでは、防災科学技術研究所（防災科研）の強震観測網であるK-NETとKiK-net (<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/> 2014/01/20 確認) で配信されている地震観測記録をトリガーとして、自動的に処理を開始します。地震観測記録と地形・地盤分類250mメッシュマップ全国版に基づいて、地盤の揺れやすさデータ (Vs30マップ) (松岡ほか, 2005) を統合処理し、250mメッシュの分解能でシームレスな最大加速度と最大地動速度、計測震度の分布を推定します (第1図)。つまり、地盤の情報を考慮に入れるこ



第4図 QuiQuakeの処理の流れ。地震観測記録(左上)をトリガーとして、地盤の揺れやすさデータ(左下)と統合処理することで、シームレスな最大加速度と最大地動速度、計測震度の分布を推定し、PNG画像やGeoTIFFデータ(右下)、WMS形式(右上)で公開する。

とで、地震計がない地点においても計測震度等を推定しています。さらに建物への被害をより正確に推定するため、速度応答スペクトルも計算し公開しています。

このQuiQuakeシステムには、地震観測記録の公開基準の違いに対応して、速報版の地震動マップ(QuickMap)と確定版の地震動マップ(QuakeMap)があります。さらに、QuickMapとQuakeMapに含まれる計測震度と、全国統一基準による地形・地盤分類250mメッシュマップの微地形区分との比較を行って、その地震での液状化発生の危険度を予測する液状化危険度マップ(LiquickMap)も公開しています(松岡ほか, 2011)。このような地理的に切れ目のないシームレスな計測震度等の情報を得るためには、解析の基盤となる地盤の情報がシームレスに整備されていることが必須で、いわゆる静的なその場の基盤情報と、刻一刻と得られる現在の瞬間の観測データを統合することで、これまでは知ることができなかった情報をQuiQuakeでは得ることができるようになったのです。

さらにQuiQuakeのデータは、PNG画像のような表示するための画像ファイルだけではなく、GeoTIFFフォーマットによるデータファイルに加えて、WebGISの国際標準規格(OGC標準規格)で配信するWMS規格や生データを取得するためのWCS規格でのデータ配信サービスも行っています。このように国際標準規格に基づいたデータ配信をすることで、それぞれ独立している種々のシステムの相互利用が容易になり、防災科研が提供するALL311プロジェクトサイト(<http://all311.ecom-plat.jp/> 2014/01/20 確認)でもWMSで提供しているQuiQuakeの地震動マップがベースマップとして利用されるに至っています。

3.3 地質災害関連情報の発信

これまでの多くの出版物やデータベースは、静的な情報

に分類されるものが大多数を占めていました。一方、「地震に関する地下水観測データベース(Well Web)」や「地震動マップ即時配信システム(QuiQuake)」、「火山衛星画像データベース」など、速報性の高い情報を提供するデータベースも充実してきています。これらのいずれの情報も、災害等の発生時に、可能な限りすみやかに情報を公開する必要があります。さらに、情報伝達の仕組みとして「地震動マップ即時配信システム(QuiQuake)」では、ソーシャルメディア(TwitterとFacebook)も積極的に活用して情報発信を行っています。Twitter(<http://twitter.com/QuiQuake> 2014/01/20 確認)への情報発信は2011年7月に開始し、2014年1月現在、1,000人程度の利用者にフォロー(閲覧)されています。Twitterは電話やメールが通じにくい災害時にも情報交換できる可能性が高いため、有事の際には速報性の高い情報を必要としているユーザに数多くフォローされるでしょう。一方、Facebook(<http://www.facebook.com/QuiQuake> 2014/01/20 確認)に速報性の高い情報を求めているユーザは比較的少ないため、Facebookページのタイムライン機能を利用して、これまでに発生した過去の地震による地震動マップを公開することとしました。

さらにQuiQuakeにおけるLiquickMapは、計測震度等の観測データそのものに近い情報から液状化危険度や地すべり危険度等、より災害被害推定に直結する高次情報を発信しており、これらは企業・自治体等でのBCPにおいても救助活動支援等の点で重要なものです。そのために、ユーザがより高次の情報マップを作成する際に、システムを容易に構築するためのツール(GeoSNSNotifier)の開発と提供を進めています。QuiQuakeにおける一連のワークフローの概念図を第5図に示します。ここでは、ホームページ等の更新情報を伝達する仕組みであるRSSに、位置



第5図 GeoSNSNotifierによるRSSで連結されたワークフローの例。RSSを用いることでワークフローを自由に構築することができると同時にFacebookやTwitterなどのソーシャルメディアへの通知も可能である。

情報を加えて地理空間情報としての更新情報を通知しています。位置情報と共に更新情報を通知することで、例えば利用者の端末の位置情報からその近辺の地震や液状化危険度を通知することが可能になっています。さらに、TwitterやFacebookなどのソーシャルメディアへの通知もワークフローの一部として動作させるために、QuiQuakeのTwitterとFacebookへの通知はGeoSNSNotifierを用いています。

4. おわりに

本稿では、地質災害に関連したデータベースとして、火山に関連した「日本の火山データベース」、「火山衛星画像データベース」、「ASTER高温領域検出システム」を、地震に関連したデータベースとして「活断層データベース」、「地殻応力場データベース」、「地震に関する地下水観測データベース (Well Web)」、「地震動マップ即時配信システム (QuiQuake)」を紹介しました。大別して地球を知るための静的な情報を提供しているデータベースと、火山噴火や地震が発生したその時の情報を提供するデータベースの2つのカテゴリーに区別できます。その他の地質災害、防災に関連したデータベースについては、今後整備されるカタログを参照して下さい。

謝辞：本稿で紹介したシステムを研究開発するにあたり常にアドバイスいただいた産業技術総合研究所地質情報研究部門、地質調査総合センター、GEO Gridプロジェクトのメンバー諸氏に感謝します。「火山衛星画像データベース」と「ASTER高温領域検出システム」は、経済産業省が所有するASTERデータとGEO Gridで処理されたASTERデータ β を用いました。「地震動マップ即時推定システム (QuiQuake)」は、防災科学技術研究所の強震観測網 (K-NET, KiK-net) の地震観測記録を用いました。関係各位に謝意を表します。

文献

- 活断層研究会 (1991) 新編日本の活断層—分布図と資料. 東京大学出版会, 437p.
- 松岡昌志・山本直孝 (2009) 250 mメッシュVs30と強震記録に基づく地震動マップの即時推定システム (QuiQuake). 地域安全学会梗概集, no. 25, 107-108.
- 松岡昌志・若松加寿江・藤本一雄・翠川三郎 (2005) 日本全国地形・地盤分類メッシュマップを利用した地盤の平均S波速度分布の推定. 土木学会論文集, 794, no. I-72, 239-251.
- 松岡昌志・若松加寿江・橋本光史 (2011) 地形・地盤分類250 mメッシュマップに基づく液状化危険度の推定手法. 日本地震工学会論文集, 11, no. 2, 20-39.
- 中野 俊・石塚吉浩・山元孝広 (2013) 日本の火山 (第3版). 200万分の1地質編集図, no.11, 産総研地質調査総合センター.
- 奥村晃史・佐藤時幸・熊井久雄・鈴木毅彦・渡辺真人 (2009) 第四紀の地位と新しい定義の確立. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 39, 56-57.
- 津 宏治・Kahle, A. B. (1995) ASTERプロジェクトの概要について, 日本リモートセンシング学会誌, 15, 94-99.
- 浦井 稔 (1995) ASTERによる活火山観測の可能性. 日本リモートセンシング学会第19回学術講演会論文集, 201-202.
- Yamaguchi, Y., Kahle, A. B., Pniel, M., Tsu, H. and Kawakami, T. (1998) Overview of Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER). *IEEE Trans. Geos.*, 36, no. 4, 1062-1071.

YAMAMOTO Naotaka (2014) Case of disaster prevention applications.

(受付: 2014年1月20日)