

9. 地震ハザードステーション J-SHIS

本章では、ハザード評価の情報公開システムである、J-SHIS 地震ハザードステーションについて述べる。

9.1 地震ハザードステーション J-SHIS とは

地震ハザードステーション J-SHIS(読み:ジェイシス、英語名:Japan Seismic Hazard Information Station, 以下、J-SHIS)は、全国の基盤的な地震ハザード情報の公開Webシステムである。本節では、2005年5月より運用が開始されたJ-SHISの経緯について述べる。

文部科学省の地震調査研究推進本部が発表する「全国地震動予測地図」は、地震発生の一時的な確率評価と強震動の評価を組み合わせた「確率論的地震動予測地図」と、特定の地震に対して、ある想定されたシナリオに対する詳細な強震動評価に基づく「震源断層を特定した地震動予測地図」の、性質の異なる地図から構成されている。これらは、兵庫県南部地震の教訓を踏まえ発足した地震調査研究推進本部の調査研究に基づく地震ハザード評価の成果の集大成として位置づけられるものであり、地震活動モデルや震源断層モデル、及び地下構造モデル等の地図の作成に必要なデータまで含めると膨大な量の情報を含んでいる。

2005年以降、防災科学技術研究所では、地震動予測地図の利用に関する検討の一環として、「地震動予測地図工学利用検討委員会」を設置し検討を行ってきた。本委員会がまとめた報告書では、「全国を概観した地震動予測地図」を最終成果物として、地図そのものだけでなく、その作成の前提条件となった地震活動・震源モデル及び地下構造モデル等の評価プロセスに関わるデータも併せた情報群としてとらえることにより、「地震ハザードの共通情報基盤」として位置づけるべきとの提言がなされ、以下の指針が示された。

- 地震ハザードの共通情報基盤としての意義—地震及び基盤地震動について学術的に最高のものを。
- 表示項目の多様性—工学サイドで多様な技術的活動ができる(活動の自由度ある)インタフェースを。
- 結果のみでなく、プロセスの開示—不確定性評価のプロセスが分かるように。
- 公表システムの作成—有効なユーザインタフェース形成へ/条件設定に関する吟味が可能なように。
- 適切な更新の重要性—学術・技術の進歩を反映できるように。
- 地震動予測地図の理解において、低頻度巨大災害の始点/地震の特長により変化する災害のクセへ正確な認識を育てる。

本提言を受け、J-SHISでは、以下の目的を実現するためのシステムとなることが望まれた。

➤ 地震ハザードの共通情報基盤形成データベース

地震動予測地図作成作業で生成された地図を表示するだけでなく、地震動予測地図を作成するためのパラメータ及び

計算結果を全て蓄積し、地震ハザード情報を地理空間情報としてサービスするための共通情報基盤データベースとすること。

➤ 地震動予測地図の多様な表現を実現する

地震動予測地図の利用に関わる発信の対象は多様であり、確率論的地震動予測地図、及び震源断層を特定した地震動予測地図はもとより、一地点を対象にした詳細情報、定性的な確率ランク等の多様な表現を可能とするインタフェースを有すること。

➤ 地震動予測地図作成に関わるパラメータの提供

地震活動評価モデルパラメータ、震源断層形状、表層地盤、深部地盤等の可視化とデータ提供インタフェースを有すること。

➤ 発生頻度が高く広域的影響を持つ海溝型地震と低頻度で影響範囲が限られている内陸型(活断層)地震の影響の可視化

確率論的地震動予測地図については、種類が異なる多様な震源の効果を集積するという長所を活かすとともに、個々の震源の影響が隠されるという欠点を補って、評価結果が誤解なく活用されるように、地震カテゴリー別の地図を作成し表示すること。また、各地点において、もっとも影響のある地震カテゴリーが分かるように、影響度地図を作成し表示すること。

こうした経緯のもとで、防災科学技術研究所では、「地震ハザードステーション J-SHIS」の運用を開始した。その後、J-SHISは最新の技術を取り入れ、「全国地震動予測地図」として整備された約250mメッシュ全国版「確率論的地震動予測地図」、主要断層帯で発生する地震に対する詳細な強震動予測に基づく「震源断層を特定した地震動予測地図」、それら計算に用いた全国版深部地盤モデル、250mメッシュ表層地盤モデルなどを、背景地図と重ね合わせて、わかりやすく提供できるシステムの研究開発および機能追加を実施してきた。

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震以降、J-SHISには地震調査研究推進本部による全国地震動予測地図の公開のみに留まらず、より一層の地震ハザードデータの利活用にも資する新たな進歩が求められている。これを受け、2011年9月には、地震動予測地図に関する情報をまとめて発信し、ハザード情報を知るだけでなく学ぶことのできるポータルサイトを公開した。地震動予測地図公表の仕組みには、確率論的地震ハザード評価と代表的な想定地震に対するシナリオ型地震動評価の結果(地図や諸データ)が格納されているのみではなく、両評価の欠点を補完し、互いの特徴を理解するための仕掛けと、それに基づき将来の地震動を客観的に設定、説明するための手続きが組み込まれる必要がある。加えて、各地震の長期評価結果、過去の地震の情報、活断層等の地形・地質情報、深部・浅部の地下構造情報、地震観測記録、地震被害記録などの各種データベースとのリンクを構築することで、対象地点(地域)周辺における地震環境が容易に理解できる仕組みを包含する必要がある。

さらに 2012 年度の更新においては J-SHIS Web API や J-SHIS アプリが新たに公開されるなど、様々な主体に対して地震ハザード情報を伝達する基盤として、さらなる発展を遂げている。次節以降では、膨大な地震ハザード情報のプラットフォームとなった J-SHIS のシステム全体像と、そのデータを活かした各種サービスについて述べる。

9.2 J-SHIS の全体像

J-SHIS は 2012 年 12 月現在、様々な主体を対象とした 5 つの公開サービス(表 9.2)を持つ、地震ハザードの総合的な情報公開システムである。本節では、J-SHIS についてシステム全体を概観する。各サービスについては 9.3 からの各節に述べる。

表 9.2 J-SHIS 公開サービス

名称	章節	説明
J-SHIS マップ	9.3	地震動予測地図及び地震ハザード情報の Web マップと地点情報
J-SHIS ポータル	9.4	地震ハザード全般について学習・活用できるポータルサイト
J-SHIS Web API	9.5	地震ハザード情報を提供する Restful Web API サービス
J-SHIS アプリ	9.6	位置情報を用いたスマートフォンアプリケーション
J-SHIS データ	9.7	各種形式の詳細データダウンロードサービス

9.2.1 J-SHIS のシステム

J-SHIS はサービスとして提供しているフロントエンドの部分と、表側からは見えないバックグラウンドのシステム部分が連続的に稼働している。ここでは、前者の側から見たものを J-SHIS 公開サービス、後者の側から見たものを J-SHIS システムと便宜的に呼称する。

J-SHIS システムは、確率論的地震動予測地図、震源断層

を特定した地震動予測地図と、それらを作成する際に集められた基盤の情報である表層地盤、深部地盤の情報を一元的に管理している。これらを単一のデータ管理システムの中で取り扱うことで、ユーザが Web ブラウザにより透過的に探索・閲覧することができる Web マッピングシステムを実現している。J-SHIS システムの特徴と機能の一覧を表 9.2.1 に示す。

表 9.2.1 J-SHIS システムの特徴と機能

システムの全体的な特徴
・オープンソースソフトウェアにより構成
・ブラウザ互換性を考慮
・データ形式の変換・配信機能を有する
・データベースの管理・更新機能を有する
公開サービスの提供に関する機能
・J-SHIS マップの表示サーバ機能
・CMS を用いたポータル Web サーバ機能
・Restful Web API の配信サーバ機能
・KML ファイルによる地図配信機能
・WMS による地図配信機能
・WFS による地理空間情報配信機能

J-SHIS システムデータフローを図 9.2.1 に示す。地震動予測地図及び表層地盤、深部地盤等の各種数値データは、データ入力層に集められ、データ蓄積層の地震動予測地図数値データベースに格納される。本データベースに格納された情報から公開データファイル(CSV 形式ファイル)及び GIS データファイル(ESRI Shapefile, GeoTiff)が作成される。一般利用者は汎用的な Web ブラウザ等により、アプリケーション層で公開された Web マッピングシステム(J-SHIS マップ)や、RESTful Web API(J-SHIS Web API)を用いた各種サービス(アプリケーション等)を通じて地震ハザード情報データにアクセスできる。また、アプリケーション層に配置された地震動予測地図数値データは CSV および ESRI Shape 形式でダウンロードできる。

9. 地震ハザードステーション J-SHIS

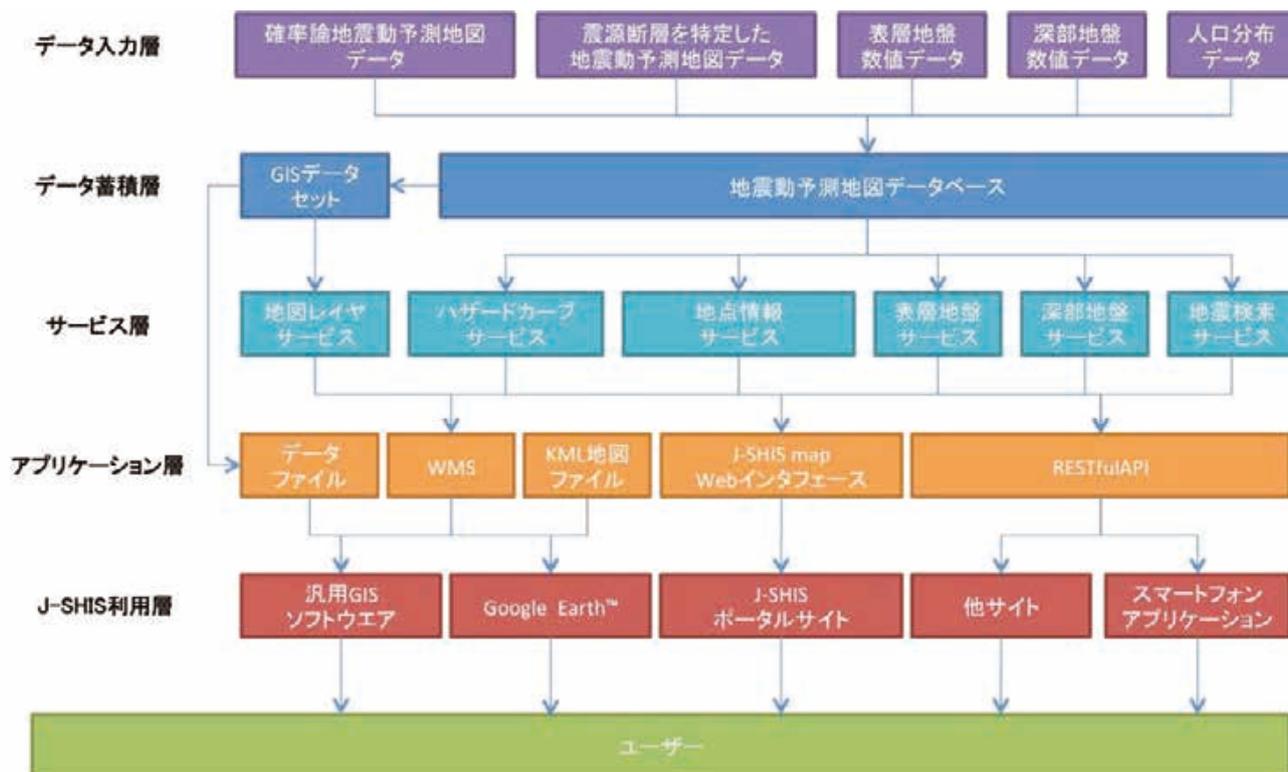


図 9.2.1 J-SHIS システムデータフロー

9.2.2 J-SHIS のサービス

地震ハザードステーション J-SHIS は、提供している Web サービスの機能追加ならびに改良を随時おこなっている。表 9.2.2 に前回研究資料発行(防災科学技術研究所研究資料第 336 号「全国地震動予測地図」作成手法の検討, 2009 年 11 月)から今回までに追加・改良された全サービスの名称と公開時期, URL について記し, 図 9.2.2 に一覧化した。

表 9.2.2 J-SHIS 新サービス一覧

名称・提供機能	公開時期	URL
① J-SHIS マップ	2009 年 7 月(更新)	http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/
被災人口地図の公開	2010 年 5 月	
深部地盤柱状図表示機能	2011 年 9 月	
地すべり地形分布図表示機能		
想定地震波形取得機能		
地図リンク取得機能		
② J-SHIS ポータル	2011 年 9 月	http://www.j-shis.bosai.go.jp/
J-SHIS 公開サービスの解説記事	2012 年 3 月	http://www.j-shis.bosai.go.jp/en/
国際展開ページ・英語版		
③ J-SHIS Web API	2012 年 4 月	http://www.j-shis.bosai.go.jp/api-list
④ J-SHIS アプリ	2012 年 4 月	http://www.j-shis.bosai.go.jp/app-jshis
もしゆれ	2012 年 8 月	http://www.j-shis.bosai.go.jp/app-ifearthquake
⑤ J-SHIS データ	2010 年 9 月	http://www.j-shis.bosai.go.jp/download
KML ファイル		
シェープファイル		

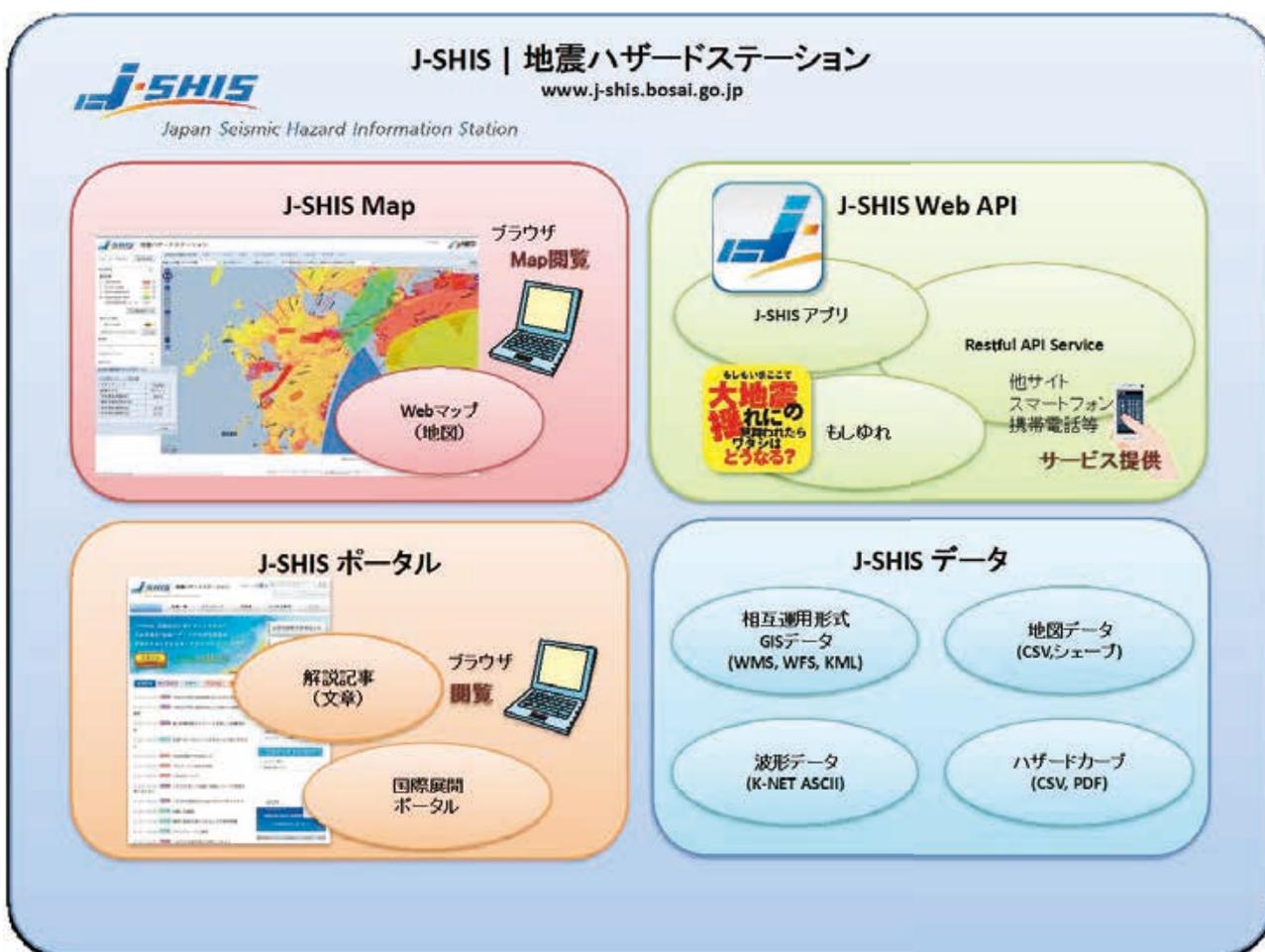


図 9.2.2 J-SHIS サービス一覧

9.3 J-SHIS マップ

J-SHIS では、地震ハザード情報を Google Maps と重ねて表示する J-SHIS マップを提供している。本節では、2009 年 7 月に公開されて以降、適時改良を重ねている J-SHIS マップについて述べる。

9.3.1 J-SHIS マップの技術的背景

J-SHIS マップは、確率論的地震動予測地図、震源断層を特定した地震動予測地図、及び表層地盤等の地理空間情報をインターネットを通じて配信するシステムである。

【地理空間情報データの相互利用】

ネットワークを利用した数値地図データの相互利用のための規格も整備が進んでいる。地理情報システム(GIS)関連技術の標準化を推進する業界団体である OGC(Open Geospatial Consortium, Inc)が、空間データモデルやその表現形式、GIS 対応ソフトウェアの連携方法などについて標準規格を「OpenGIS®」として整備を進めている。特に、WMS(Web Mapping Service)や WFS(Web Feature Service)、WCS(Web Coverage Service)等のサービス規格に対応した商用、非商用アプリケーションやライブラリが増えてきている。上記標準規格「OpenGIS®」を基本として、地理空間情報のネットワーク上における相互利用を推進する大きな役割を担っているのが、GIS 及び Web マッピングのためのオープンソースソフトウェアの充実である。

【オープンソース Web マッピングシステム実装の手法】

従来 Web マッピングシステムは、商用ソフトウェア、オープンソースソフトウェア共に、サーバサイドに GIS エンジンや地図作成サーバ(ESRI ArcGIS, MapServer 等)を配置し、ユーザリクエストに対して動的にサーバにて画像を作成しクライアントに返却するシステムであったが、Google Maps API の公開をきっかけに、Web マッピングシステムの手法に大きな変化が現れた。サーバサイドに GIS エンジンを設置しサービスを行う手法は、ユーザの様々な GIS 処理のリクエストに応えることができる一方、一般的に応答速度が遅く、サーバ負荷が高く、多くのユーザリクエストに応えるためには、高性能なハードウェアを用意する必要がある。Google Maps API で提供された方法は、所望の表示範囲周辺の地図情報をサーバから小さなタイル画像としてクライアントに引き渡し、クライアント側でタイル画像を組み合わせる Web ブラウザ上で再構築する手法である。複数のタイル画像の通信は非同期で行われる。こちらの手法では、予めタイル画像を作成しておくことにより、サーバ負荷が低減され、ユーザリクエストに対する応答速度を向上している。また、地図表示のユーザインタフェース制御に係る処理を API として提供することにより、ユーザ独自のインタフェースを構築することができる。しかし、Web ブラウザ側でタイル画像から表示範囲地図画像を再構築したり、地図インタフェース制御を処理するためにクライアント処理の負荷が増加する。現在 Google が提供する地図の種類は市街地地図、衛星写真(航空写真)地図、標高地図、ハイブリッド地図の 4 種類のみである。同様なサービスとして Yahoo! Maps 等がある。独自の地図

情報を Google Map で提供するようなタイル画像システムとして ka-Map がオープンソースとして公開されている。ka-Map は MapServer で定義した地図レイヤ情報を、Google Map のような地図としてスムーズに移動・拡大するシステムである。ka-Map の機能を利用することにより、独自の地図をタイル画像として利用することが可能となる。

【J-SHIS マップの Web インターフェース】

Web インターフェースに関する技術の進歩も目覚ましい。近年 AJAX(Asynchronous Javascript + XML)を利用した Web ページが増加しているのもその一つの表れである。地図上で指定した地点におけるシステム固有の情報を Web 上で取得するためには、サーバ問い合わせを行い、クライアントに情報を返却し表示を行う処理を実行する。

通常は、サーバ問い合わせ実行結果を、HTML 要素として返却し、HTML をレンダリングする処理が主流であった。このため、ユーザは実行結果が返ってくるまでは別の処理を行うことができないが、AJAX を用いると、問い合わせを非同期通信とすることにより、問い合わせと無関係な処理を継続することができる。更に、ページの構成をサーバと通信を行わずに変更する動的 HTML を組み合わせ、デスクトップアプリケーションのようなインタフェースをもつ、リッチクライアントライブラリがオープンソースとして多数公開されている。

J-SHIS マップは、バージョンアップ、ライセンス、保守料金の値上げといった外部要因リスクに関わらず、毎年更新する地震動予測地図を安定的に提供することが必要である。また、地震リスクに関する情報提供の充実に伴う公開情報量の増加によるハードウェア増強やシステムのスケーラビリティの向上に柔軟に対応できる必要がある。このため、オープンソースソフトウェアの適用調査を行い、ソフトウェア構成を決定した。J-SHIS は地震動予測地図の多様な表現方法の一つであり、地震動予測地図が持つ固有情報へのナビゲーションシステムである。そのため、J-SHIS に含まれる全ての地図を円滑に表示するために Google Map で行っているようなタイル画像による地震動予測地図の表示及び、注目地点周辺への移動・拡大をスムーズに行い、ユーザフレンドリーなインタフェースで地図の切り替えや地点情報を表示するために必要な Web インターフェース、GIS や Web マッピングに関するオープンソースソフトウェアを選定した。

9.3.2 J-SHIS マップの機能

J-SHIS マップは地震動予測地図に関する情報を閲覧し、ダウンロードするための Web マッピング機能等を有する。J-SHIS マップにより閲覧可能な地震動予測地図に関する地図情報を表 9.3.2-1 に示す。

【確率論的地震動予測地図閲覧機能】

確率論的地震動予測地図は、全国約 250m メッシュで整備された「全ての地震」、「地震カテゴリーⅠ」、「地震カテゴリーⅡ」、「地震カテゴリーⅢ」に関して、30 年で震度 5 弱、5 強、6 弱、6 強以上の揺れに見舞われる確率地図及び、3%、6%の確率で一定の揺れに見舞われる領域図(計測震度、地表最大

速度, 工学的基盤最大速度), 50 年で 2%, 5%, 10%, 39% の確率で一定の揺れに見舞われる領域図(計測震度, 地表最大速度, 工学的基盤最大速度)を表示することが可能である。また, 「全ての地震」, 「地震カテゴリーⅢ」に関しては平均ケース, 最大ケースに関する地図表示が可能である。

【地震カテゴリー別地図閲覧機能】

地震カテゴリー別地図は, 30 年で一定の震度以上の揺れに見舞われる確率を四分位として評価し 4 つのレベルで色分けした地図である。地震カテゴリーⅠ, Ⅱ, Ⅲに対してそれぞれ震度 5 弱, 5 強, 6 弱, 6 強以上の揺れに見舞われる確率を 4 つのレベルで色分けしている。2008 年版に地震カテゴリー別地図は存在しない。

【影響度地図閲覧機能】

影響度地図は各地点において最も大きな影響を及ぼす地震カテゴリーを色で表す地図である。30 年間で平均ケース, 最大ケースそれぞれに関して, 震度 5 弱, 5 強, 6 弱, 6 強以上の揺れに見舞われる確率で最も高い確率となる地震カテゴリーを示す地図である。2008 年版に関しては 30 年で震度 5 強, 6 強以上の揺れに見舞われる確率の影響度を表す地図はない。

【条件付超過確率地図閲覧機能】

条件付超過確率地図は, 指定した地震が発生した場合の, 震度 5 弱, 5 強, 6 弱, 6 強以上となる確率地図と計測震度の期待値地図からなる。条件付超過確率地図が用意されている地震は, 主要活断層帯に発生する地震, その他の活断層

で発生する地震, 及び震源が特定された海溝型地震である。

【想定地震地図閲覧機能】

想定地震地図は, 震源断層を予め特定した地震動予測地図の略称であり, 主要活断層帯に関するハイブリッド法による強震動予測計算結果を表すものである。計算結果は 3 次メッシュ単位の工学的基盤における計測震度を計算し, 約 250m メッシュで評価された震度増分に基づき, 約 250m メッシュ区画の地表計測震度分布を求めている。地図として用意されているのは工学的基盤最大速度及び地表の計測震度である。

【表層地盤地図閲覧機能】

表層地盤地図は全国約 250m メッシュ(1/4 メッシュ)で整備された, 微地形区分, 30m 平均 S 波速度, 表層地盤増幅率(400m/s における工学的基盤から地表における最大速度の増幅率)を表すものである。

【深部地盤地図閲覧機能】

深部地盤地図は全国約 1km メッシュで整備された地質境界を深度及び標高により表現した地図である。想定地震地図は本深部地盤モデルにより計算されている。

【被災人口地図閲覧機能】

被災人口地図は想定した地震が発生した場合に, ある震度を超える揺れに見舞われる人口(震度曝露人口)の値の分布を示した地図である。統計情報を参照すれば自治体毎の被災人口を参照することもできる。

表 9.3.2-1 J-SHIS マップにおける地図情報

地図情報	説明
確率論的地震動予測地図	約 250m メッシュ全国版確率論的地震動予測地図(図 9.3.2-2)
地震カテゴリー別地図	四分位による超過確率ランク地図(図 9.3.2-3)
影響度	最大影響度の領域図(図 9.3.2-4)
条件付超過確率	指定した地震が発生した場合の, ある震度を超過する確率地図と計測震度の期待値地図(図 9.3.2-5)
想定地震地図	震源断層を特定した地震動予測地図(図 9.3.2-6)
表層地盤	約 250m メッシュ微地形分類, 30m 平均 S 波速度, 表層地盤増幅率の領域図(図 9.3.2-7)
深部地盤	震源断層を特定した地震動予測地図計算に用いた深部地盤の領域図(図 9.3.2-8)
被災人口	想定した地震が発生した場合に, ある震度を超える揺れに見舞われる人口の分布図(図 9.3.2-9)

9. 地震ハザードステーション J-SHIS

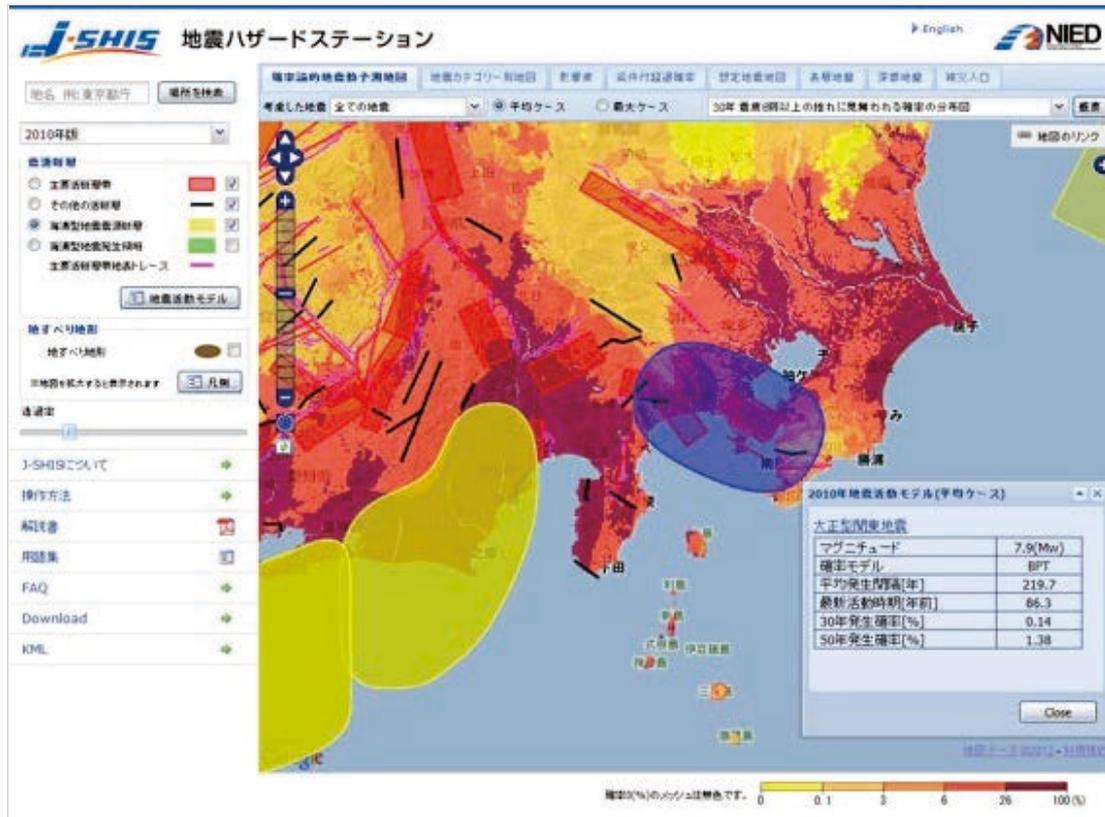


図 9.3.2-1 J-SHIS マップ画面

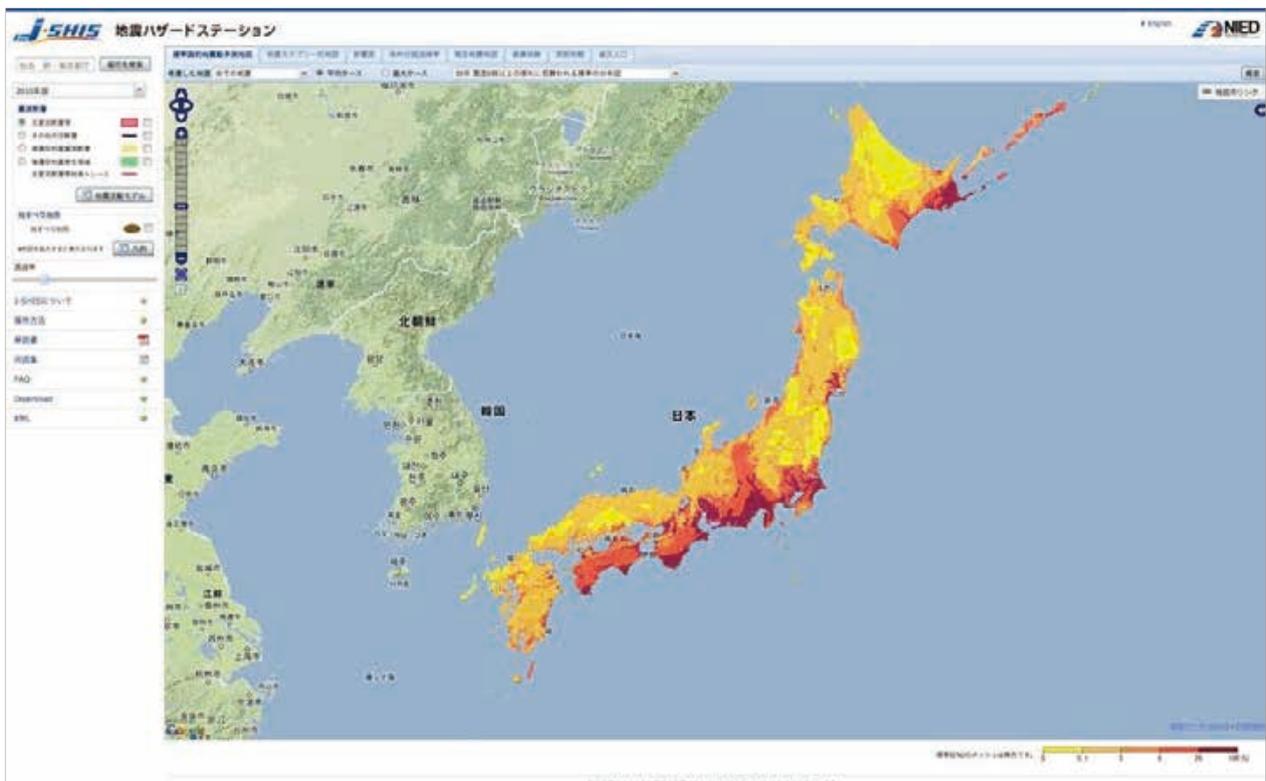


図 9.3.2-2 確率論的地震動予測地図



図 9.3.2-3 地震カテゴリー別地図



図 9.3.2-4 影響度

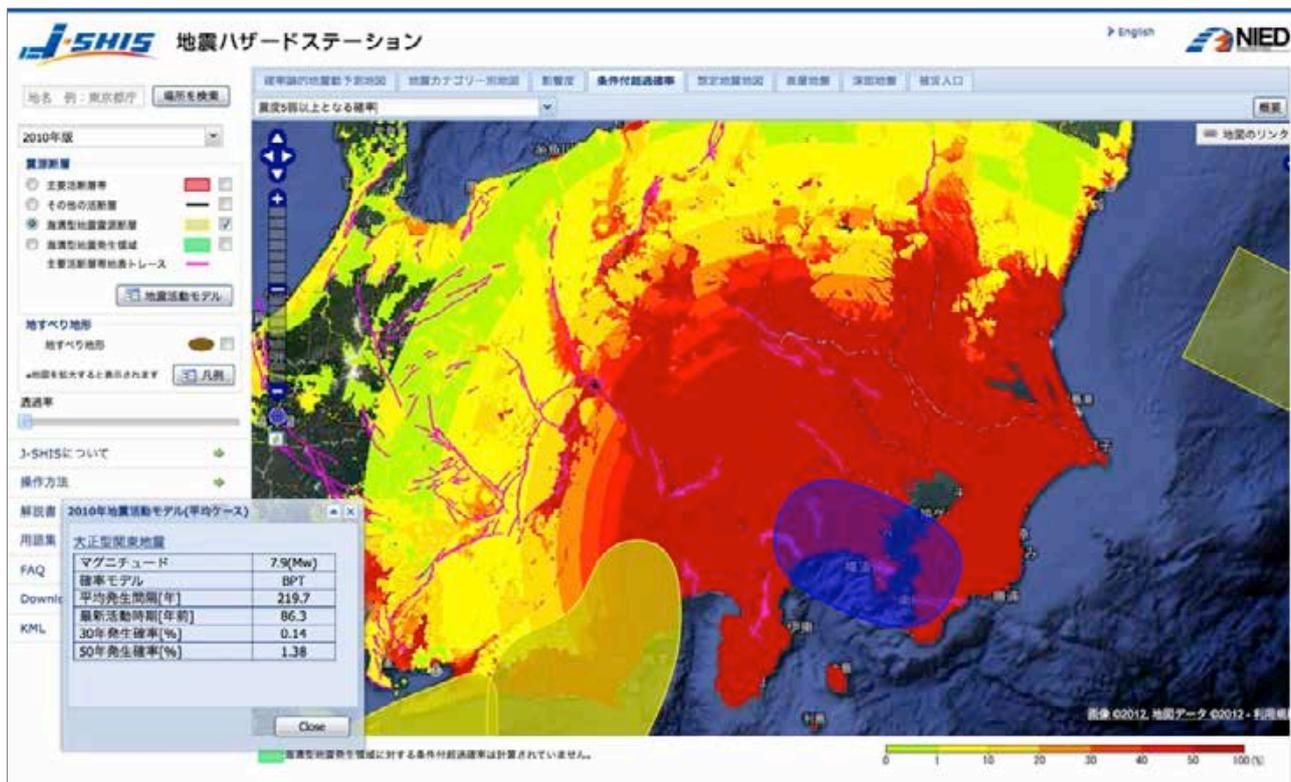


図 9.3.2-5 条件付超過確率

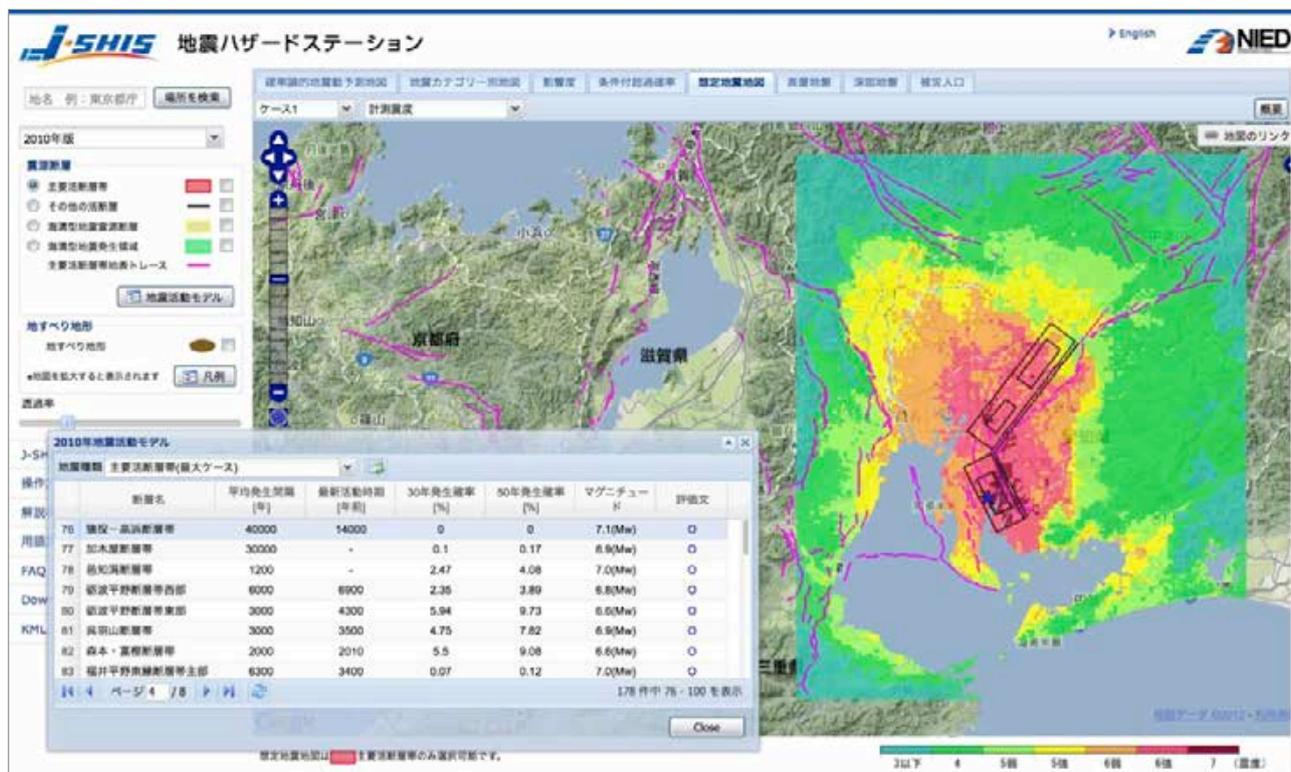


図 9.3.2-6 想定地震

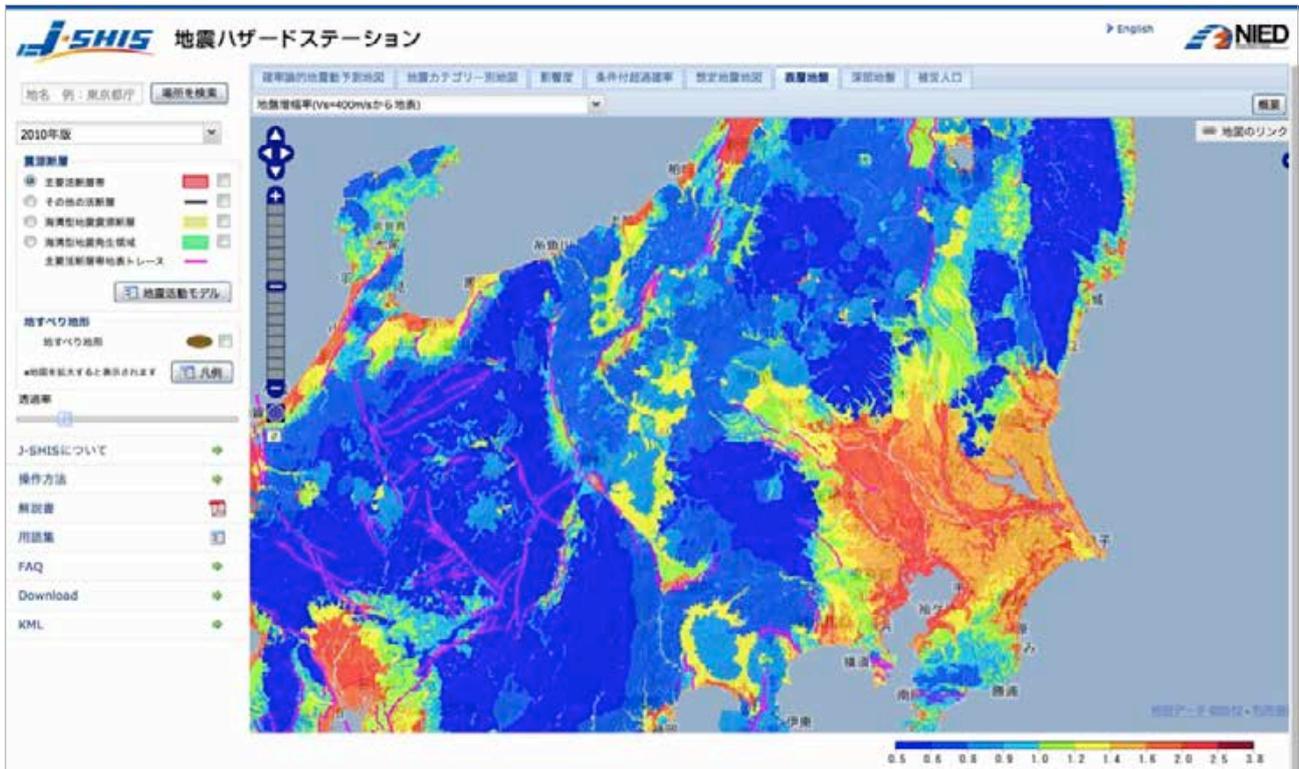


図 9.3.2-7 表層地盤

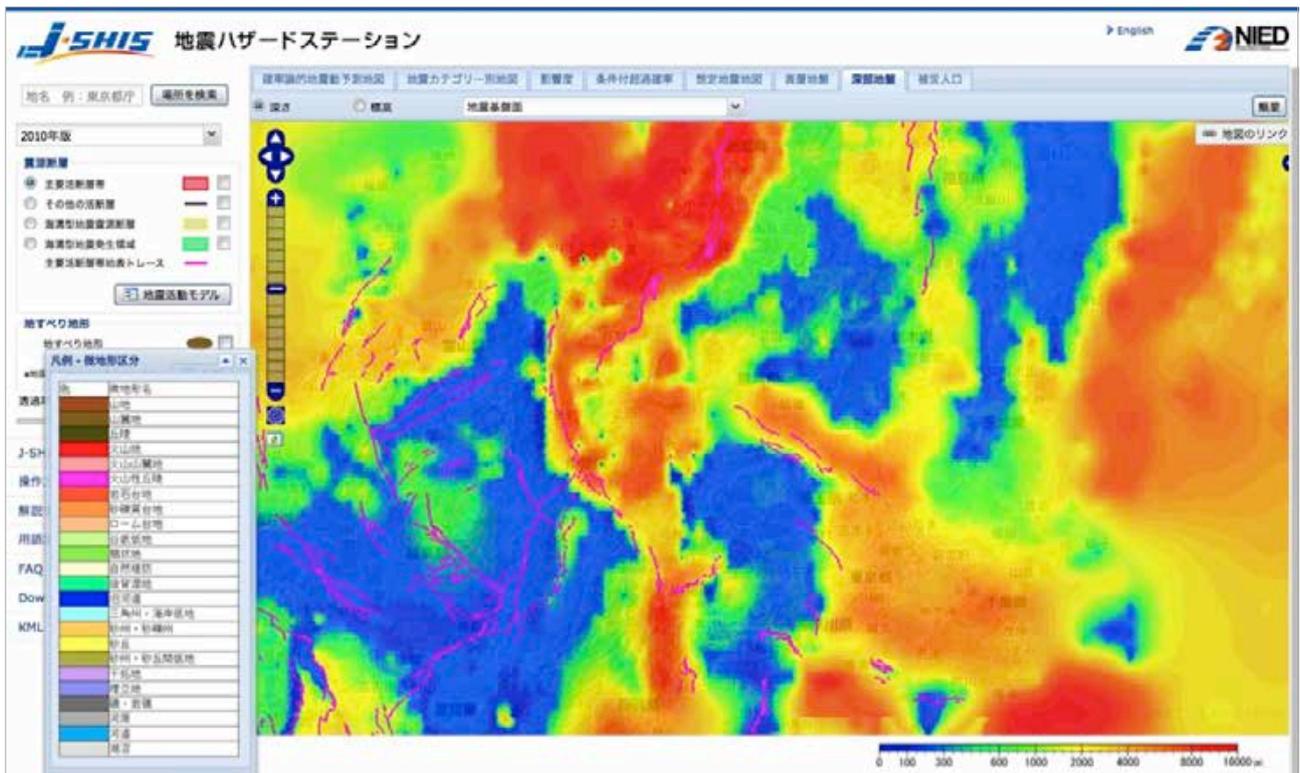


図 9.3.2-8 深部地盤

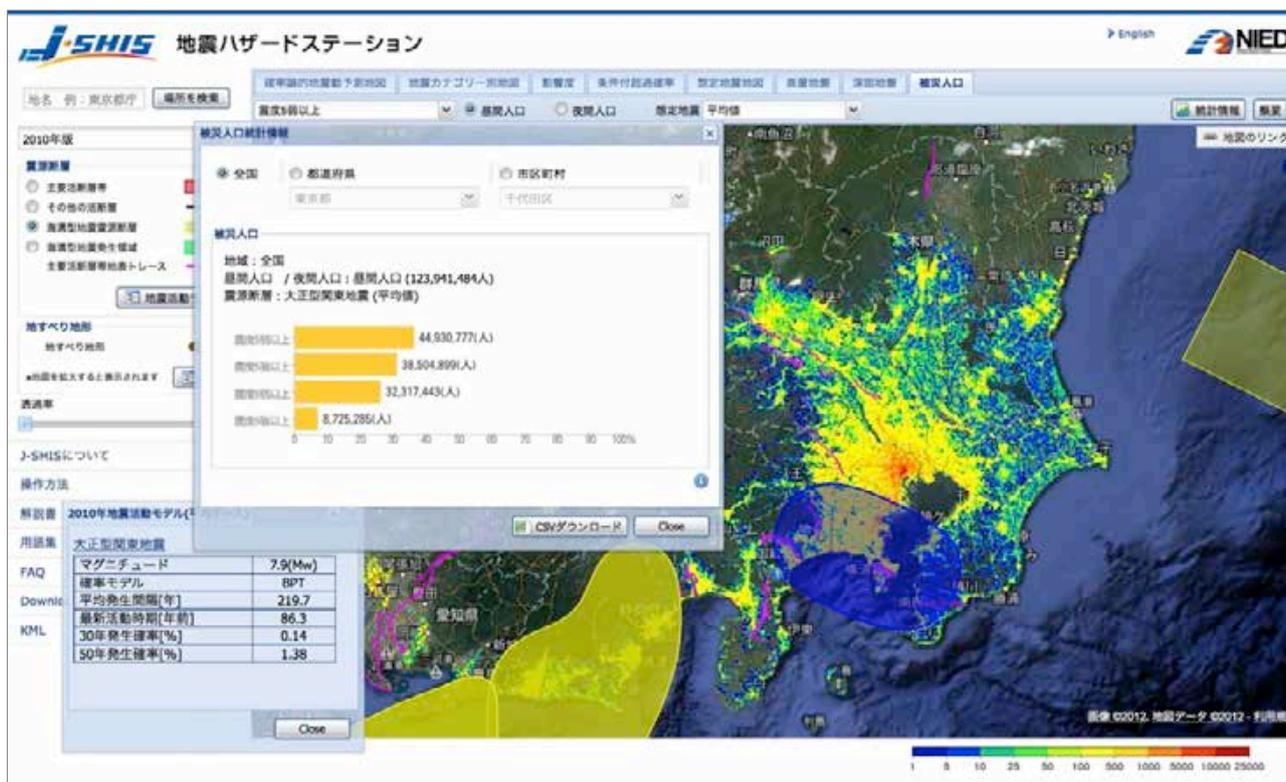


図 9.3.2-9 被災人口

J-SHIS の一般ユーザ向け機能は、J-SHIS Web システムの表 9.3.2-2 に示すサービスを利用した Web コンテンツにより提供される。それぞれの Web コンテンツはユーザインターフェースにより連携している。

表 9.3.2-2 J-SHIS マップサービス概要

サービス	説明
地図レイヤサービス	J-SHIS 内で定義されたレイヤコードを指定することにより Web インタフェース上にタイリングされた地図画像を Google Map と重ねて表示するサービス(図 9.3.2-10)
地震活動モデルサービス	選択された断層形状に関連付けられた地震活動モデルをデータベースから検索し Web インタフェース上に表示するサービス(図 9.3.2-11)
地点情報サービス	指定された約 250m メッシュコードに対応するメッシュ内地点情報(超過確率, 地盤増幅率等)をデータベースから検索し Web インタフェース上に表示するサービス(図 9.3.2-12)
ハザードカーブサービス	指定された約 250m メッシュコードが属する 3 次メッシュのハザードカーブをデータベースから検索し, ハザードカーブグラフ, 影響度グラフを Web インタフェース上に表示するサービス。また, ハザードカーブ数値データを作成しダウンロード可能とするサービス(図 9.3.2-13)
データダウンロードサービス	地震動予測地図に関連する数値情報及びデータ規約をダウンロードするサービス(9.7 節 J-SHIS データ内に記載)
その他サービス	WMS 等のサービスを試験的に提供。サーバ負荷等を調査し, システム構成, ソフトウェア構成の検討と一般向けサービス提供の可能性を検証(9.7 節 J-SHIS データ内に記載)

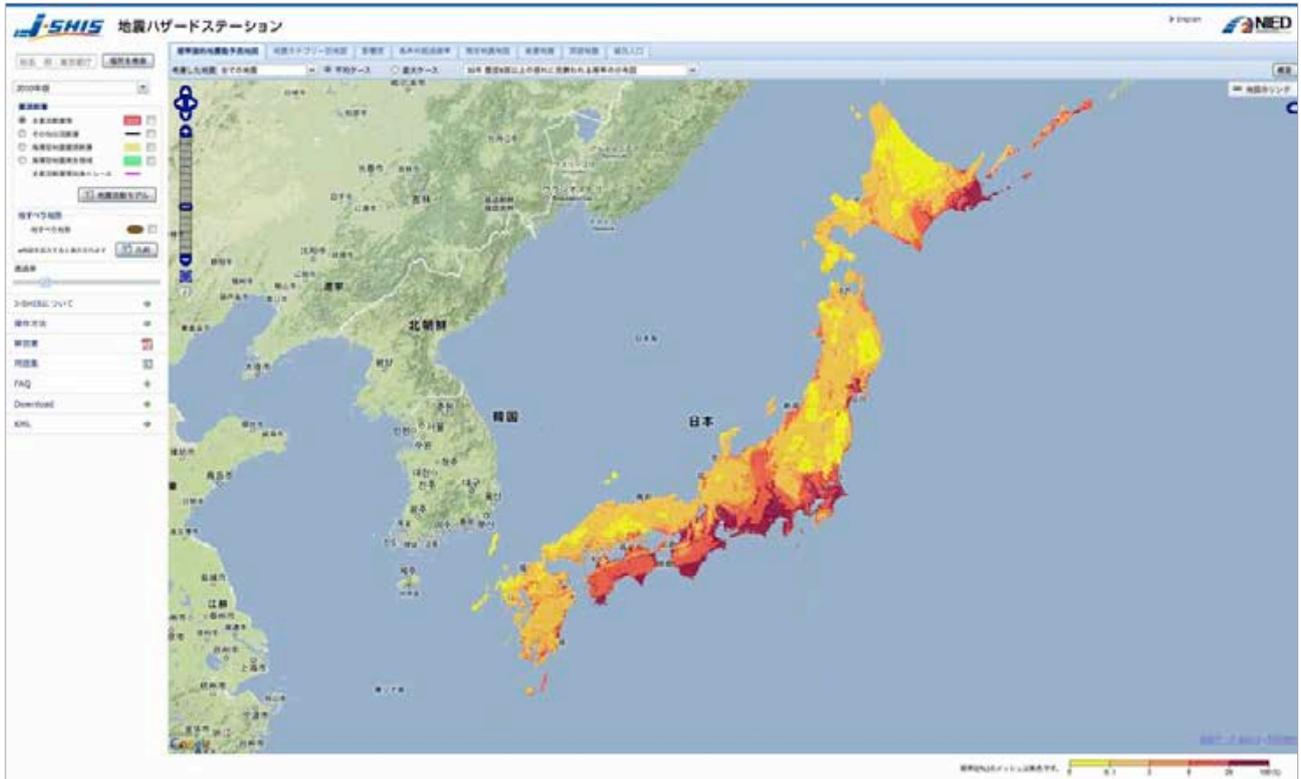


図 9.3.2-10 地図レイヤサービス

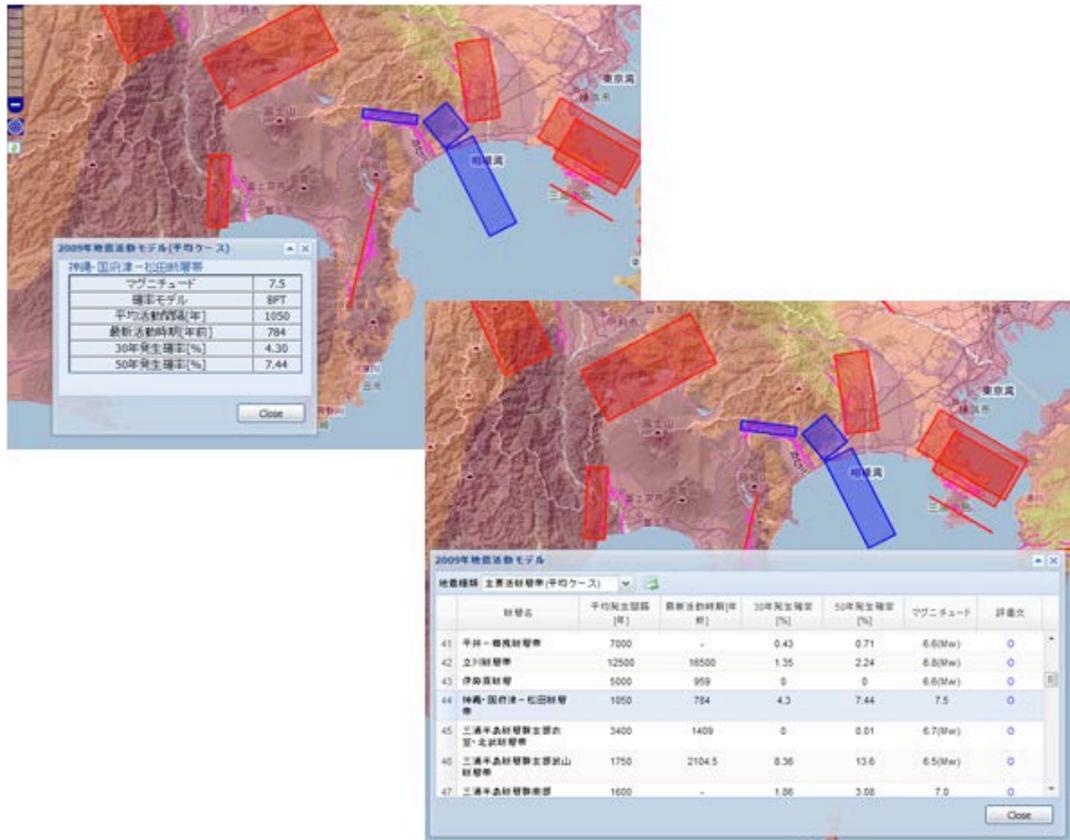


図 9.3.2-11 地震活動モデル

9. 地震ハザードステーション J-SHIS



図 9.3.2-12 地点情報

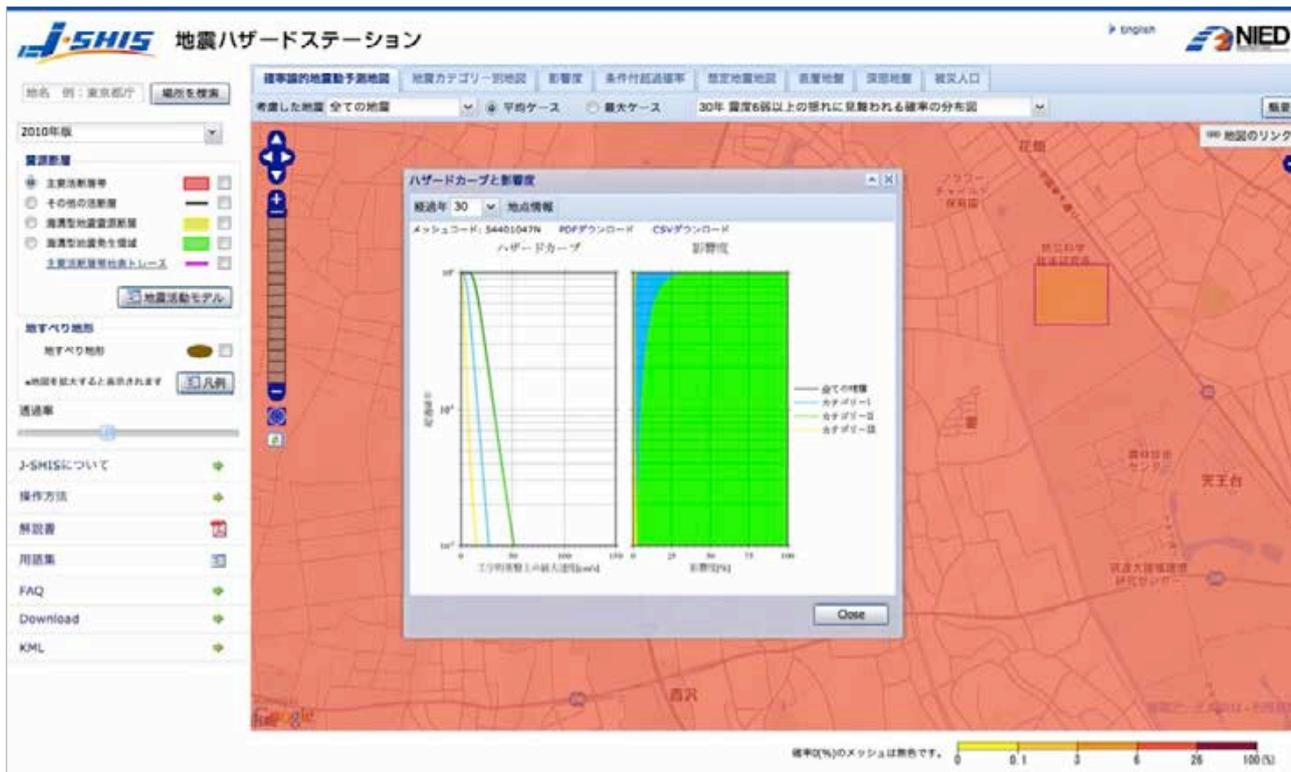


図 9.3.2-13 ハザードカーブ

【地図レイヤ-地震活動モデルサービス連携インターフェース】

地図レイヤ-地震活動モデルサービス連携インターフェースにより、確率論的地震動予測地図に関する地図(確率論的地震動予測地図, 地震カテゴリー別地図, 影響度地図)と震源断層を特定した地震に関する地図(想定地震地図, 条件付超過確率地図)を、評価した震源断層の形状で結び付ける機能を実現している。地図レイヤサービスを利用したコンテンツでは、地震動予測地図に関する地図画像及び断層形状を重ねて表示する。断層形状には地震活動モデルサービスが関連付けられており、断層形状を選択することにより、選択した断層の地震活動モデルが表示される。また、選択した断層に関連する条件付超過確率の地図、想定地震の地図へ表示範囲を変更しないまま遷移することができる(図 9.3.2-14)。

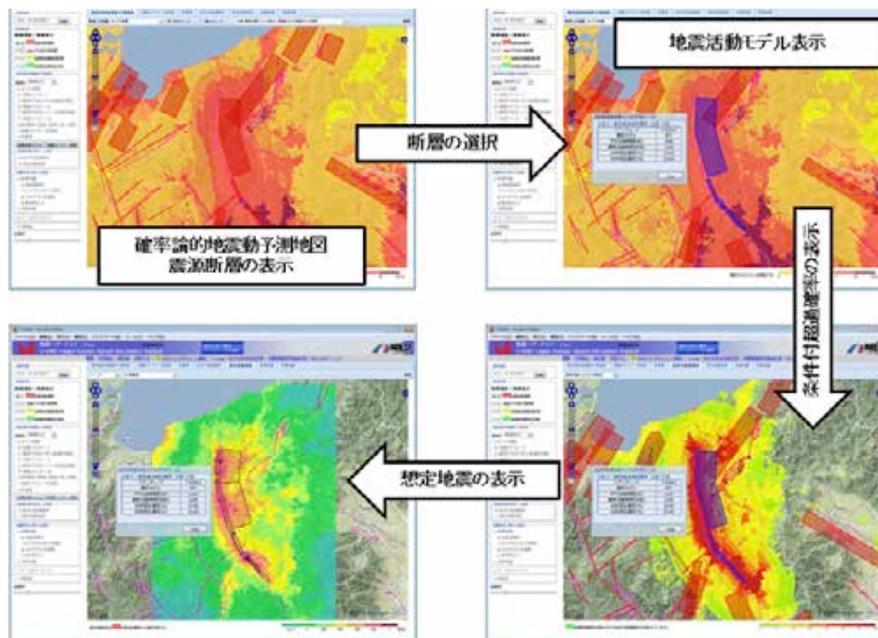


図 9.3.2-14 地震活動モデルによる地図の連携

【地図レイヤ-地点情報サービス連携インタフェース】

地図レイヤ-地点情報サービス連携インタフェースにより、表示している地図レイヤの注目地点に関する地点情報を表示する機能を実現している。地点情報を表示した状態で地図レイヤをタブで切り替えることで、地点情報の内容を切り替えることができる。地図レイヤは Google Map を背景とし、透過処理を施して表示されるため、位置の特定が容易となっている。また、透過率は動的に変更することが可能である。表示している地図レイヤに対応して地点情報の内容は異なる(図 9.3.2-15)。

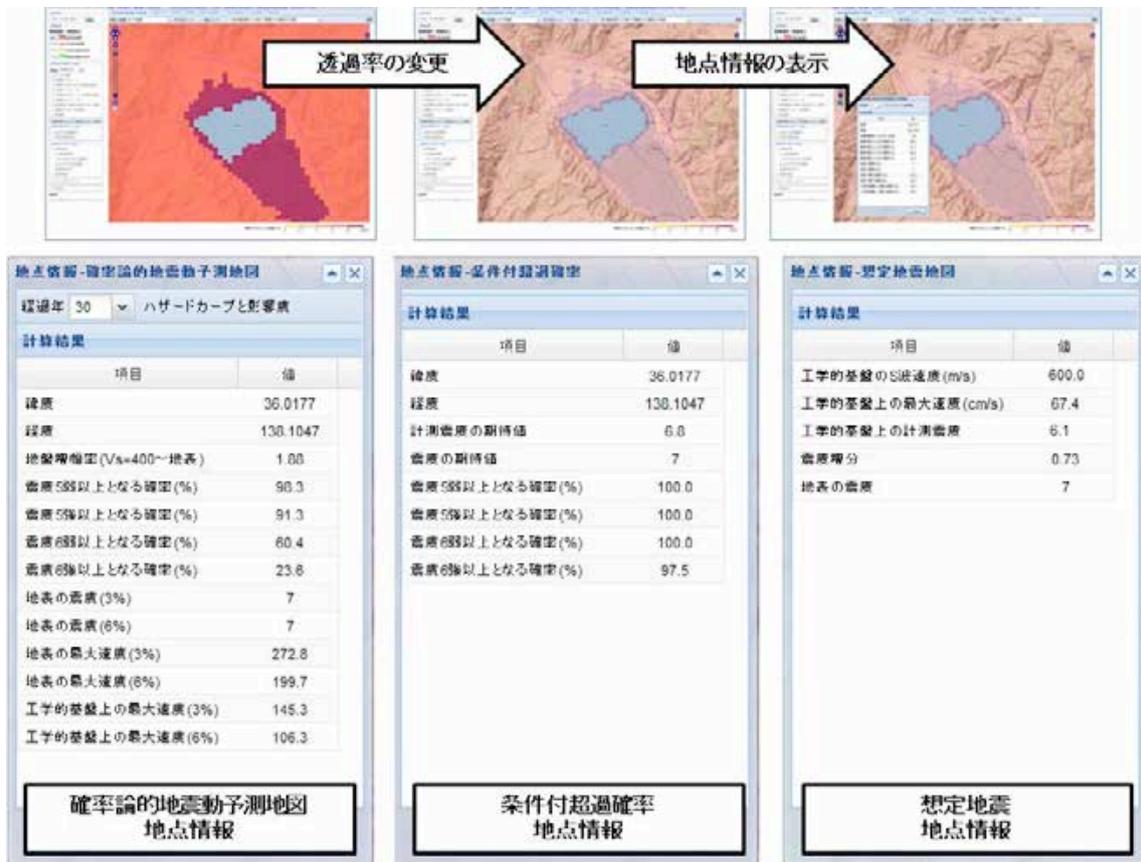


図 9.3.2-15 地点情報の表示

【地点情報-ハザードカーブサービス連携インタフェース】

確率論的地震動予測地図レイヤを表示しているとき、地点情報-ハザードカーブサービス連携インタフェースにより、地点情報を表示するとハザードカーブ及び影響度グラフの表示を行う機能を実現している。本インタフェースを用いて、任意の地点のハザードカーブの数値情報、画像情報をダウンロードすることが可能である(図 9.3.2-16)。

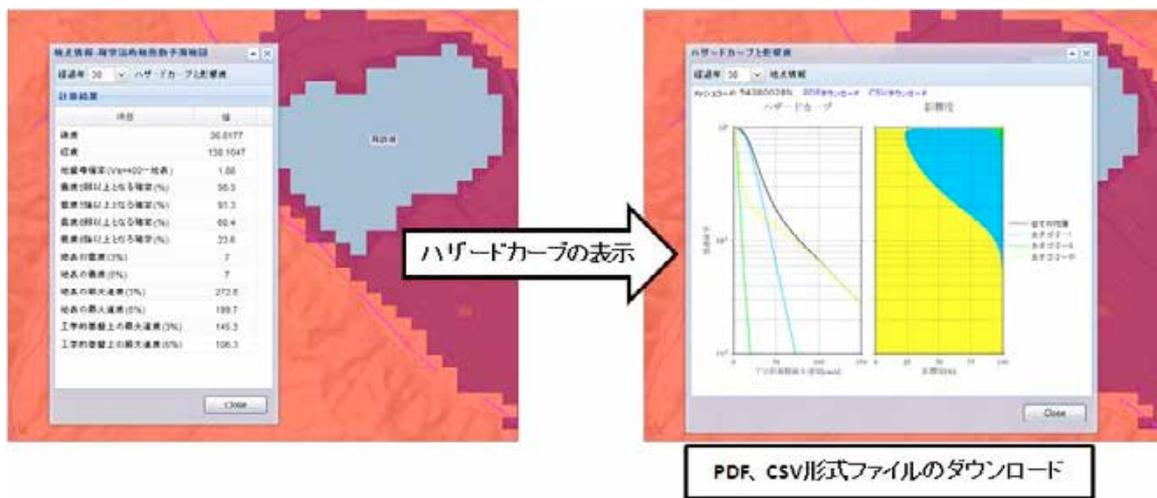


図 9.3.2-16 ハザードカーブのダウンロード

9.4 J-SHIS ポータル

J-SHIS では、記事を通じて地震について学び、地震ハザード情報を調べて知り、使うためのポータルサイトを提供している。本節では、2011 年 9 月に一般向けに公開した J-SHIS ポータルについて述べる。

9.4.1 J-SHIS ポータルの機能

J-SHIS ポータルでは、J-SHIS の各サービスへの入り口として、J-SHIS が提供している地図を閲覧するサービス、特に J-SHIS マップを中心にその使い方を手引きし、地震ハザード評価についての解説や、更新の通知を行なっている。

(1) 地震ハザード評価に関する解説および正確な理解の促進

解説記事、スライド、用語集、FAQ など全国地震動予測地図に関連する様々な概念や用語を学ぶことができる。また、地震ハザード評価に関する新着情報、機能や地図の更新情報の通知を行なっている。印刷機能も充実しており、プリンタのアイコンボタンから、各記事が読みやすく整形され、紙に打ち出して読むこともできるようになっている。全文検索によってわからない用語を打ち込むことで、関連する記事や用語集の当該箇所を読むこともできる。

(2) J-SHIS で提供している各サービスへの入り口

多様な知識背景をもつユーザを対象に、J-SHIS マップや J-SHIS Web API、J-SHIS アプリ等を紹介している。トップページからも直接 J-SHIS Web API や J-SHIS アプリ、用語集や FAQ、マップの使い方ガイド記事や英語版／国際展開ページ等にリンクし、J-SHIS で提供している全サービスへジャンプすることができる。特に J-SHIS マップに関しては、サイト上部の「スタート J-SHIS」ボタンより閲覧できる。また、ポータルの個別記事を SNS ボタンによりブログや SNS、オンラインブックマーク等でクリップすることができる。

9.4.2 J-SHIS ポータルの開発

J-SHIS ポータルの実装には CMS (Contents Management System)を用いている。CMSとは、Webサイトのコンテンツを構成するテキスト、画像等のデータを体系的に管理し、統一されたデザインの HTML を動的に生成することができるシステムである。J-SHIS で採用した WordPress は現在最も人気のあるオープンソースの汎用 CMS で、PHP と MySQL で実装されている。WordPress では「テーマ」と呼ばれるデザイン・機能定義機能のカスタマイズが比較的容易で、データモデルとはしっかりと分離されている。プラグインで機能を追加することもでき、オープンソースのプラグインがインターネットから数多く入手可能であることもメリットの一つである。

J-SHIS ポータルは CMS を利用することで、J-SHIS マップやアプリへの入り口としての機能、更新や機能追加をお知らせする機能、豊富な例題により使い方を解説する機能、地震ハザード評価の学習サイト機能を実装した。WordPress では、各記事に分類を行う「カテゴリー」属性と、記事のキーワード的な「タグ」属性を両方付与することができる。J-SHIS ポータルではさらにプラグインを追加して「関連記事」属性も付与した。カテゴリーによるツリー構造の移動、タグによる同種キーワードへのワープ、関連記事による横断的な移動という 3 つの移動手段をユーザに与えることで、たくさんの記事を隅々まで読んでもらう工夫をしている。また、Twitter、Facebook 等の SNS ボタンを各記事に置き、サイト内外の流動性も確保した。

表 9.4.1 J-SHIS ポータルの機能

解説および理解促進のための機能
・解説記事の掲載
J-SHIS で提供しているサービスのマニュアル機能
・J-SHIS マップの使い方記事マニュアル
・FAQ
・API リファレンス
更新通知機能
・お知らせ・新着記事カテゴリ
その他
・利用規約、問い合わせ先等



図 9.4.2 J-SHIS ポータル TOP 画面

9.5 J-SHIS Web API

J-SHIS では、地震ハザード公開情報の利活用促進のため、アプリケーションや Web サービス等から利用可能なウェブ API サービスを提供している。本節では、2012 年 4 月に開発者向けに公開した J-SHIS Web API について述べる。

9.5.1 J-SHIS Web API の機能設計

【J-SHIS Web API の利点】

J-SHIS マップが人間がそのまま読める情報のかたち(地図)であるのに対して、API(Application Programming Interface)は機械が読めるデータ形式で地震ハザード情報を提供している。そうすることで値を他の様々なデータと自動的に組み合わせ使用したり、地震ハザード情報を再解釈してグラフや図にするなど別の形式で表現したりすることができる。

J-SHIS Web API は、J-SHIS マップとして公開している地図データを Restful Web API として公開している。J-SHIS Web API は緯度経度情報や地域メッシュの情報を元にその地点の地震ハザード情報を JSON 形式および XML 形式で問い合わせることができ、戻り値を様々な形に加工して Web サービスやモバイルアプリケーション等で活用する事が可能である。現在地や自宅を指定した地点ごとのデータをメッシュあるいは自治体単位で問い合わせることができるので、今後より一層の幅広い活用が期待されている。

【J-SHIS Web API を用いると何ができるのか】

J-SHIS が J-SHIS Web API を利用すると、J-SHIS の管理するデータを HTTP にて直接検索・取得できるので、独自に作成したウェブページで地震ハザード情報や表層地盤データなどを表示したり、モバイル端末上で現在位置のメッシュに影響の大きい地震断層を検索するアプリケーションなどを作成したりすることが可能となる。

【Restful な設計】

本 API は、取得した情報が永続的であることを明確にするため、“REST”な URL を用いて設計されている。REST (REpresentational State Trransfer)とは分散システムを連携させるための設計原則で、Web の設計思想に従い、1)ステートレス性、2)情報操作メソッドの制限、3)すべてのリソースを URI で一意に表現、といった項目からなる概念である。J-SHIS は地震ハザードに関連する情報の一次的な Web リソースとして機能することが求められているため、REST の概念に従った設計により外部利用者の利便性が高まる。また、REST な設計は Web サーバの数で性能がスケールするため、今後 API の利用が増えた場合の対策としても重要である。リクエストに対するレスポンスは Web リソースの標準的な表現である XML, GML の他、JavaScript から利用しやすい JSON, GeoJSON を選択可能とした。

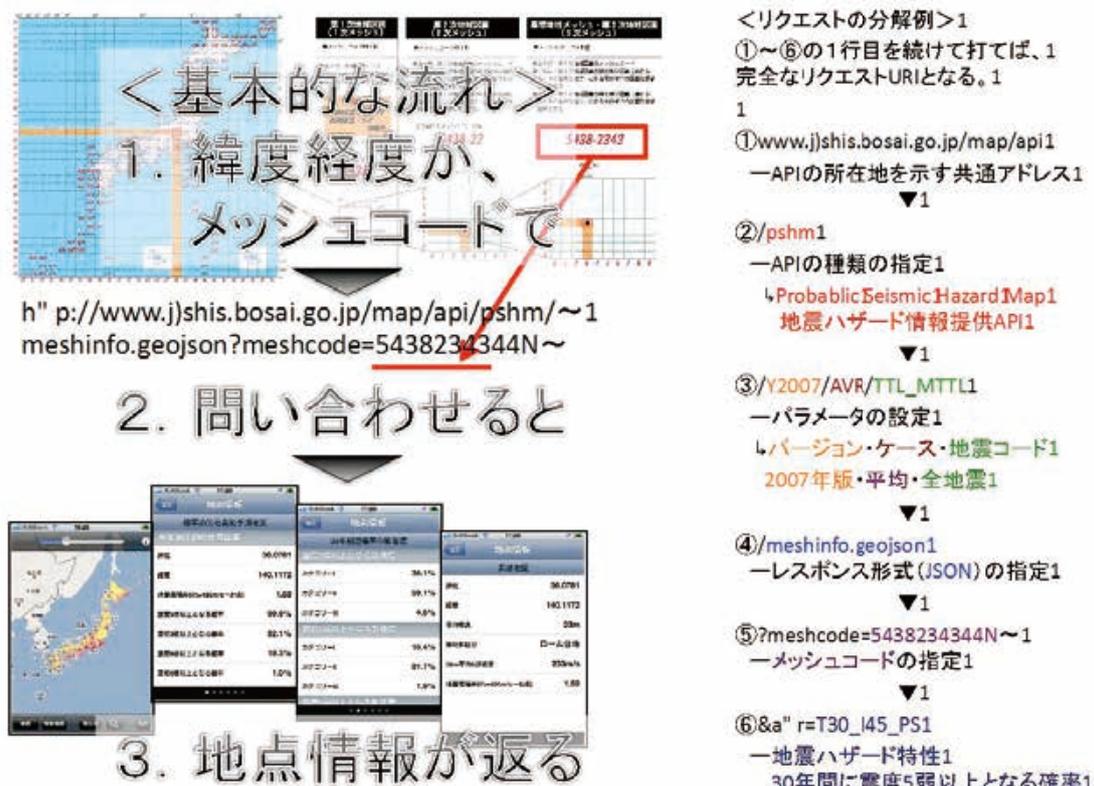


図 9.5.1 J-SHIS Web API の RESTful なしくみ

9.5.2 J-SHIS Web API の種類

J-SHIS Web API は表 9.5.2-1 に挙げる種類の API を提供している。

表 9.5.2-1 J-SHIS Web API 一覧

No.	サービス名	J-SHIS マップ上の関連地図(タブ)
1.	地震ハザード情報提供 API	確率論的地震動予測地図タブに関する API 群
2.	ハザードカーブ情報提供 API	
3.	表層地盤情報提供 API	表層地盤タブに関する API 群
4.	表層地盤物性値情報提供 API	
5.	深部地下構造情報提供 API	深層地盤タブに関する API 群
6.	深部物性値情報提供 API	
7.	メッシュ別被害地震検索 API	想定地震タブに関する API
8.	自治体別被害地震検索 API	被災人口タブに関する API
9.	メッシュ検索 API	その他(複数地図に関連)の API

【地震ハザード情報に関する API】

地震ハザード情報の根幹であるハザードカーブの情報の API。30 年、50 年それぞれの震度確率および確率震度情報を取得できる地震ハザード情報提供 API と、3 次メッシュで提供しているハザードカーブ情報を取得できるハザードカーブ情報提供 API とがある。

【表層地盤情報に関する API】

表層地盤情報の値として微地形区分コード、AVS30、地盤増幅率などを提供する表層地盤情報提供 API と、微地形区分名をコードから参照するための表層地盤物性値情報提供 API とがある。これは、前者の API の戻り値を数値のみで可能とするための高速化および全体トラフィック量軽減のための工夫である。

【深部地下構造に関する API】

指定した 3 次メッシュもしくは指定した緯度経度を含む 3 次メッシュに対する地下構造情報を取得できる。複数の 3 次メッシュの指定も可能とした深部地下構造情報提供 API で深さを与え、それらの P 波速度値、S 波速度値、密度、 Q_p 値、 Q_s 値等の物性値情報の参照を行う深部物性値情報提供 API からなる。

【シナリオ地震に関する検索 API】

地域別にシナリオ地震を想定して断層を検索する API は、指定したメッシュに影響の強い断層を取得するメッシュ別被害地震検索 API と、指定した自治体に影響の強い断層データを取得する自治体別被害地震検索 API の 2 つがある。

【横断検索を行う API】

メッシュ検索 API は、リクエスト URL にさまざまな方法でパラメータを指定することで、例えば「関東平野の中で最も地盤のやわらかいメッシュを検索する」ということができる。結果を昇順・降順でソートすることも可能で、現在は主に表層地盤情報に関するメッシュの情報を検索することができる。

9.5.3 J-SHIS Web API を用いたサービス事例紹介

J-SHIS API を用いたサービス事例を紹介する。

・アプリケーション『J-SHIS』(iOS/Android)

J-SHIS の公式アプリケーション。全国地震動予測地図をスマートフォン地図上に重ねあわせて表示する。位置情報で検索でき、メッシュを選択タップすることで地点情報を表示する。2012 年 4 月公開、無料。

・アプリケーション『もしゆれ』(iOS)

地震を自分のこととして実感し、対策を促すアプリケーション。もしゆれはもしもいまここでおおじんの揺れに見舞われたらワタシはどうなる? という名前の iOS アプリケーション。GPS で取得した位置情報を使って被害の可能性を表示し、自分の顔写真と重ね合わせる。判定は地盤増幅率や微地形区分、30 年震度 6 弱の地震動超過確率値を取得して行なっている。2012 年 8 月 3 日公開、無料。

・ウェブサービス「揺れやすい地盤 災害大国迫る危機」(朝日新聞デジタル ニュース特集)

住所を入力するとその地点の地盤増幅率と相対指標を表示する。地図上をクリックして任意の地点の微地形区分を表示することも可能である。

・社内ツール 地震診断ツール「ココゆれ」(大和ハウス)

戸建住宅の購入を検討している顧客に対し、住所を入力した地点の近傍活断層情報や、地震ハザード情報、予測震度情報等を表示する。

なお、J-SHIS Web API の問い合わせ方と詳細は次の URL より参照できる。(http://www.j-shis.bosai.go.jp/api-list)

9.6 J-SHIS アプリ

J-SHIS では、いつでもどこでも J-SHIS の地図を閲覧し、地点ごとの地震ハザード情報を表示するためのアプリケーションを提供している。本節では、2012 年 5 月にスマートフォンユーザ向けに公開した J-SHIS アプリについて述べる。

9.6.1 J-SHIS アプリの紹介

J-SHIS がさらに多くの人々に閲覧され、防災意識の向上に資するためには、より高い操作性とユビキタス性、またユーザの状態を考慮した情報配信が重要である。これらの課題を解決するため、近年特に普及が進むスマートフォン上で動作する地震動予測地図閲覧アプリケーション「J-SHIS アプリ」を開発した(藤原他, 2011)。スマートフォンは、通常の携帯電話の通信機能に加え、3G/Wi-Fi 回線ネットワーク機能、高速な演算・描画性能、PC に匹敵する機能の Web ブラウザ、大型・高解像度の画面、およびタッチパネルインタフェースなどを持つ。2008 年ごろから Apple 社の iPhone の発売を契機に爆発的に普及が進み、現在では、Google 社の Android OS を利用した端末も数多く販売されている。普及の背景には、端末の使いやすさもさることながら、開発環境がオープンであるためアプリケーションが多く開発されており、配布サイトで多種多様なアプリケーションのダウンロード・インストールが容易にできることがあげられる。

J-SHIS アプリでは、J-SHIS で WMS 配信している 250m メッシュ予測地図画像のうち、最新の確率論的地震動予測地図、想定

地震地図、表層地盤地図、および深部地盤地図を閲覧することができる。背景地図には Street View(通常の道路地図)、Satellite View(衛星/航空写真)、Hybrid View(Street と Satellite の重ね合わせ)から選んで表示できる。予測地図レイヤの半透明度は連続的に変更できるので、背景地図の地物や地形と対応付けて見ることができる。タッチパネルインタフェースで地図を自由に移動でき、特にマルチタッチに対応している端末ではピンチズーム(二本の指を開く動作による拡大操作)も可能である。J-SHIS サイト同様に、住所などから位置検索ができるほか、内蔵された GPS を用い移動に合わせて現在位置をリアルタイムに更新することもできる。

本アプリケーションをインストールしたスマートフォンを手に街を歩けば、ハザードマップを実際の風景がリンクされた形で認識することができるため、固定された PC 上で地図を閲覧するよりも、より実感を持ってハザード情報を認識できると考えられる。

9.6.2 J-SHIS アプリでの提供データ

J-SHIS アプリは J-SHIS の公式アプリであり、現在公開している最新の全国地震動予測地図を表示することができる。地図提供している地図を表. 9.6.2 にまとめる。なお、入手は AppStore および GooglePlay より無償でダウンロード可能である(<http://www.j-shis.bosai.go.jp/app-jshis>)。

表. 9.6.2 J-SHIS アプリで提供している地図

確率論的地震動予測地図(30年震度6強以上となる確率)
確率論的地震動予測地図(30年震度6弱以上となる確率)
確率論的地震動予測地図(30年震度5強以上となる確率)
確率論的地震動予測地図(30年震度5弱以上となる確率)
表層地盤地図
深部地盤地図
想定地震地図



図 9.6.2 J-SHIS アプリ(iOS 版スクリーンショット)

確率論的地震動予測地図に主要活断層帯をオーバーレイした状態(左図)、および地図の選択画面(右図)

9.7 J-SHIS データ

J-SHIS では、地震ハザード情報を既存の GIS ソフトや汎用ソフト上で取り扱いたいユーザ向けに、様々な形式のデータをダウンロード提供している。本節では、内容に適したフォーマットに変換された J-SHIS データについて述べる。

9.7.1 J-SHIS マップ公開データ

J-SHIS では地震動予測地図工学利用検討委員会の提言「結果のみでなく、プロセスの開示-不確定性評価のプロセスが分かるように」に応えるために、確率論的地震動予測地図及び震源断層を予め特定した地震動予測地図作成に係るプロセスに対応する情報の公開を行っている(表 9.7.1-1)。

表 9.7.1-1 公開データ(その 1)

公開データ	説明
[確率論的地震動予測地図] 地図データファイル	地震種類「全ての地震」「地震カテゴリー I」「地震カテゴリー II」「地震カテゴリー III」及び確率ケース「平均ケース」「最大ケース」毎のファイルとして提供を行う。それぞれのファイルは約 250m メッシュコードに対応した 30 年経過で震度 5 弱/5 強/6 弱/6 強以上となる確率値, 3%及び 6%となる計測震度値, 地表最大速度値, 工学的基盤最大速度値, 50 年経過で 2%, 5%, 10%, 39%となる計測震度値, 地表最大速度値, 工学的基盤最大速度値を記述した CSV 形式とした。 全国一括ダウンロードファイルと 1 次メッシュ単位ダウンロードファイルを選択可能とした。
[確率論的地震動予測地図] ハザードカーブデータファイル	対象 3 次メッシュコード及び確率ケース「平均ケース」「最大ケース」, 経過年「30 年」「50 年」毎のファイルとして提供を行う。それぞれのファイルは計算した工学的基盤最大速度に対する各地震による超過確率を記述した CSV 形式とした。ハザードカーブが計算された全 3 次メッシュに対してダウンロード可能とした。
[確率論的地震動予測地図] その他のデータファイル	確率論的地震動予測地図を計算する際の以下のパラメータを一括でダウンロード可能とした。 <ul style="list-style-type: none"> ・断層形状データ ・地震活動評価パラメータ ・地震発生頻度データ ・地域区分形状データ ・プレート間/内地震比率データ ・距離減衰式用パラメータ ・プレート形状データ
[条件付超過確率] 地図データファイル	対象地震(主要活断層帯, その他の活断層, 海溝型地震)毎のファイルとして提供を行う。それぞれのファイルは 250m メッシュに対応する震度 5 弱/5 強/6 弱/6 強以上となる確率値, 地表の計測震度期待値を記述した CSV 形式とした。 ※海溝型地震は震源断層を特定した地震のみを対象とした。
[条件付超過確率] 断層パラメータファイル	対象地震(主要活断層帯, その他の活断層, 海溝型地震)毎のファイルとして提供を行う。それぞれのファイルは対象地震の断層パラメータ(基準位置, 断層長さ, 断層幅, 走向角, 傾斜角, マグニチュード)を記述した CSV 形式とした。
[震源断層を特定した地震動予測地図] 地図データファイル	対象地震(主要活断層帯)毎のファイルとして提供を行う。それぞれのファイルは約 250m メッシュに対応する工学的基盤最大速度値, 工学的基盤計測震度値, 震度増分値, 地表の計測震度値を記述した CSV 形式とした。
[震源断層を特定した地震動予測地図] 断層座標データファイル	対象地震(主要活断層帯)毎のファイルとして提供を行う。それぞれのファイルは地表断層トレース位置, 断層頂点座標, アスペリティ頂点座標, 要素震源位置を記述した CSV 形式とした。
[震源断層を特定した地震動予測地図] 断層パラメータファイル	対象地震(主要活断層帯)毎に PDF ファイルとして提供を行う。

表 9.7.1-2 公開データ(その 2)

公開データ	説明
[地盤情報] 表層地盤データファイル	表層地盤データファイルは約 250mメッシュに対応する微地形区分コード, 30m 平均 S 波速度値, 増幅率値 ($V_s=400\text{m/s}$ から地表までの最大速度増幅率)を記述した CSV 形式とした. 全国一括ダウンロードファイルと 1 次メッシュ単位ダウンロードファイルを選択可能とした.
[地盤情報] 深部地盤データファイル	深部地盤データファイルは標高表記と深さ表記のファイルに分けてデータを作成した. 各ファイルは 3 次メッシュに対する 1~33 層上面の標高値及び深さ値を記述した CSV 形式とした. 全国一括ダウンロードファイルと 1 次メッシュ単位ダウンロードファイルを選択可能とした.
[地盤情報] 深部地盤媒質データファイル	深部地盤媒質データファイルは深部地盤データ各層に対する P 波速度値, S 波速度値, 密度, Q_p 値, Q_s 値を記述した CSV 形式とした.

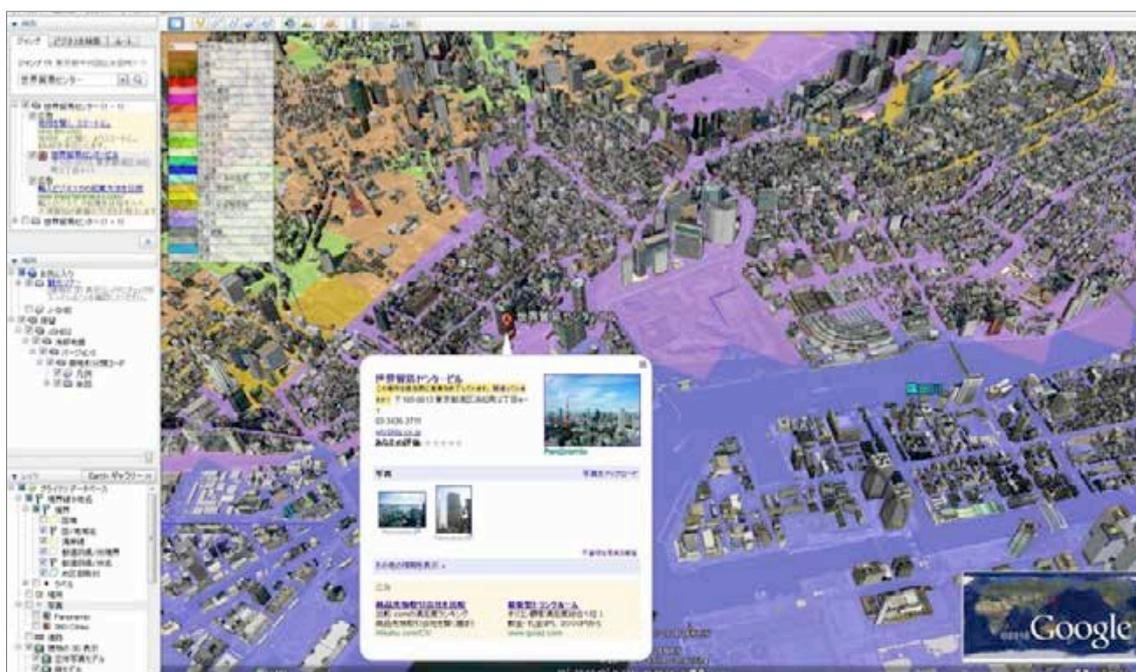


図 9.7.1-1 Google Earth で東京都港区付近の表層地盤微地形区分 KML を表示した例

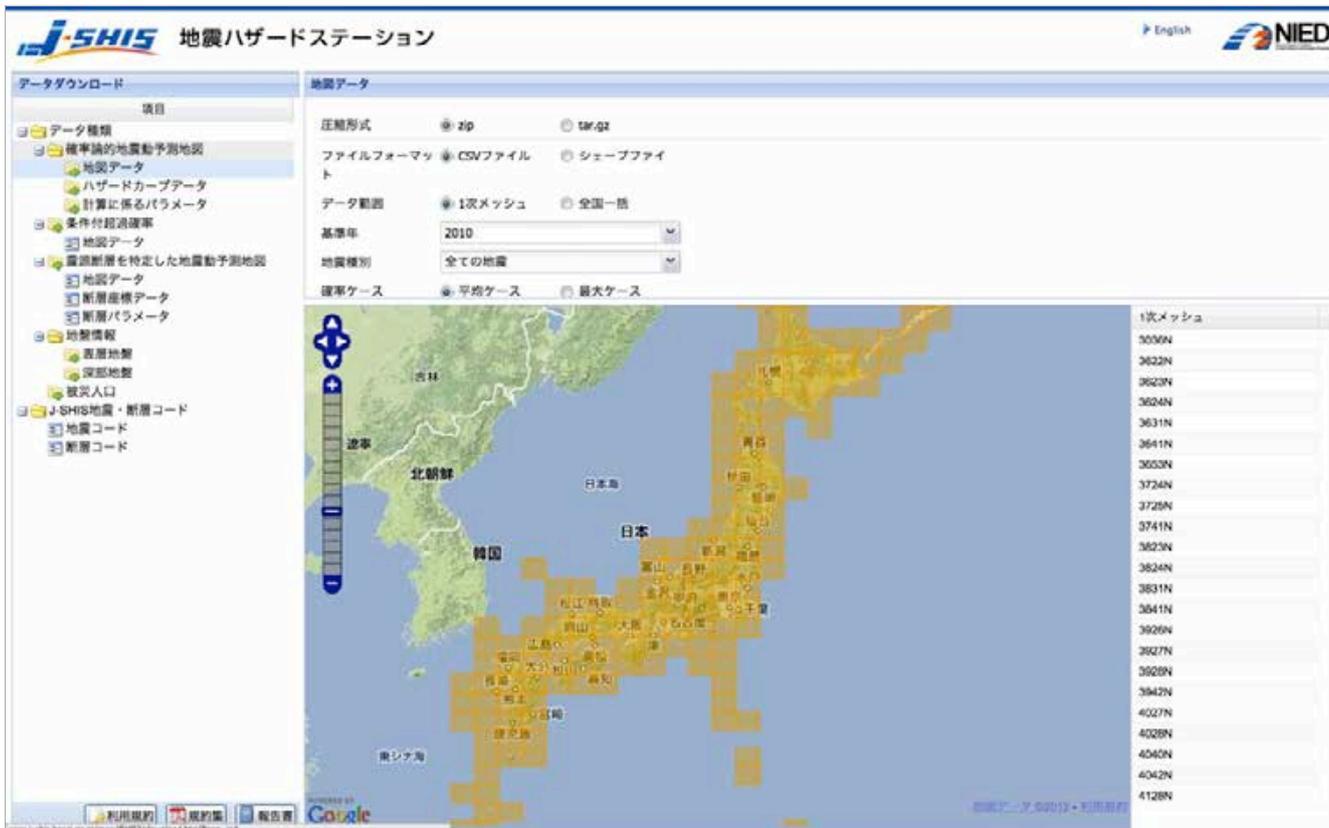


図 9.7.1-2 データダウンロードサービス画面

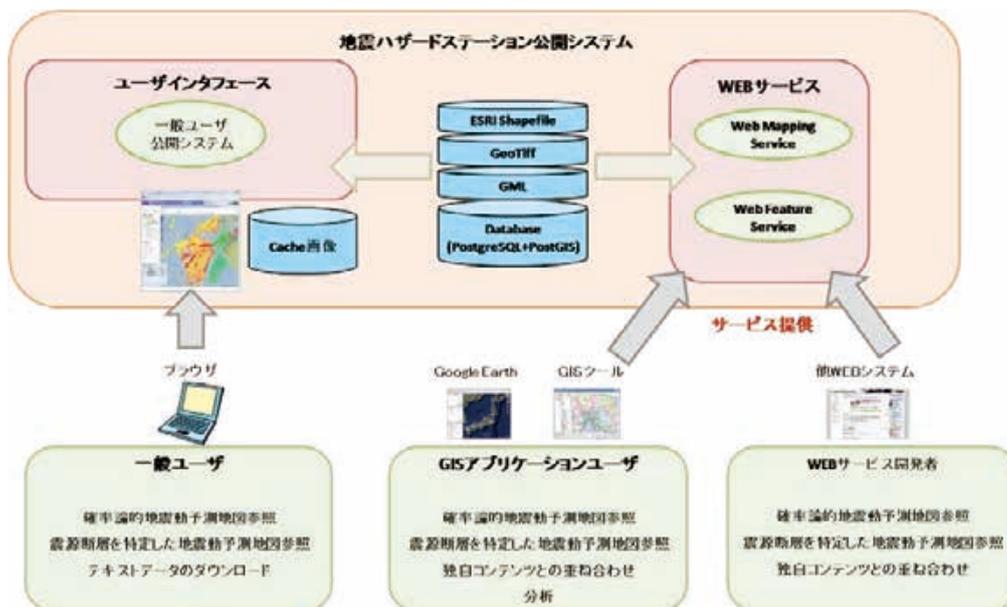


図 9.7.1-3 WMS / WFS 他ダウンロードサービス模式図

9.7.2 その他ダウンロード可能なデータ

J-SHIS では以下の項目に関する公開データをダウンロードすることができる。

表 9.7.2 ダウンロードデータ形式一覧

確率論的地震動予測地図
地図データ(CSV, シェープ, KML)
ハザードカーブデータ(CSV, PDF)
計算に係るパラメータ(CSV)
条件付超過確率
地図データ(CSV, シェープ)
震源断層を特定した地震動予測地図
地図データ(CSV, シェープ)
断層座標データ(CSV)
断層パラメータ(CSV)
波形データ(K-NET ASCII)
地盤情報
表層地盤(CSV, シェープ, KML)
深部地盤(CSV)
被災人口
被災人口統計データ(CSV)
J-SHIS 地震・断層コード
地震コード(PDF)
断層コード(PDF)

9.8 今後の展開

J-SHIS システムは地震動予測地図工学利用検討委員会の提言に基づき、地震動予測地図に係る情報をわかりやすく提供できるプラットフォームとして構築してきた。こうした中、2007 年 6 月 1 日に長期戦略指針「イノベーション 25」が閣議決定された。「イノベーション 25」は、2025 年までを視野に入れ、豊かで希望に溢れる日本の未来をどのように実現していくか、そのための研究開発、社会制度の改革、人材の育成等、短期、中長期にわたって取り組むべき政策を示したものである。その技術革新戦略ロードマップの具体的施策である「社会還元加速プロジェクト」の一つとして、「きめ細かい災害情報を国民一人ひとりに届けるとともに、災害対応に役立つ災害情報通信システムの構築」が挙げられた。これを受け、防災科学技術研究所では、誰もが自らに被りうる自然災害の「リスク」を知り、自らに適した「防災対策」を立案・実行していく社会を目指し、そのための「素材(災害リスク情報)」と「道具・手段(プラットフォーム)」を提供するため、「災害リスク情報プラットフォーム」の研究開発に着手した。

「災害リスク情報プラットフォームの構築」においては、これまで主たる研究対象であった地震ハザードのみならず、地震リスク評価までを研究対象に広げた取り組みが計画されており、地震調査研究推進本部による新総合基本施策が掲げる基本目標の1つ「防災・減災に向けた工学及び社会科学研究を促進するための橋渡し機能の強化」の実現に資することが期待されている。

J-SHIS ポータルサイトおよび J-SHIS マップは英語版が公開されており、国際的なアクセスにも対応している。今後、東日本大震災を経験した日本の教訓と知識を世界の地震ハザード評価に貢献するため、防災科学技術研究所は3つの国際プロジェクトに参画し、Web の構築により情報発信に協力している。その一つ、「Seismic Hazard Assessment for the Next Generation Map」は日中韓の共同研究プロジェクトで、アジア地域での標準的な地震ハザードマップ作成に向けた第一歩と位置付けられている。

2012 年 9 月、防災科学技術研究所は、地震ハザード評価の世界標準モデルの構築を行う国際組織 GEM (Global Earthquake Model, <http://www.globalquakemodel.org/>) に、運営委員会のメンバーとして参加することとなった。GEM には 13 の国と地域、企業、国際協力機構、世界銀行、国際連合等が参加しており、地震ハザード評価の国際間連携を行うにあたり非常に重要な提携が始まったと言える。

J-SHIS は現在、地震ハザード情報の提供プラットフォームとして、世界の中でも先導的な立場にあり、内外ともに高まる期待に応えるべく、今後より一層の注力が求められている。

参考文献

2章から7章

- Abe, K. (1975) : Re-examination of the Fault Model for the Niigata Earthquake of 1964, *Journal of Physics of the Earth*, Vol.23, pp.349-366.
- 阿部邦昭 (1987) : 小地震の波源モデルと津波の性質—日本海中部地震の最大余震 (1983年6月21日)に伴う津波, *地震*, 第2輯, 第40巻 pp.349-363.
- 相田勇 (1989) : 天保四年の庄内沖地震による津波に関する数値実験, *続古地震—実像と虚像* (萩原尊禮編著), pp.204-213.
- 防災科学技術研究所 (2003) : 北日本地域を対象とした確率論的地震動予測地図作成手法の検討と試作例, *防災科学技術研究所研究資料*, 第246号.
- 中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」(2001) : 中央防災会議東海地震に関する専門調査会報告, 平成13年12月11日.
- Frankel, A. (1995): Mapping Seismic Hazard in the Central and Eastern United States, *Seismological Research Letters*, Vol. 66, No. 4, pp. 8-21.
- 藤本一雄・翠川三郎 (2005) : 近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度推定法, *地域安全学会論文集*, 7, 1-6.
- 藤本一雄・翠川三郎 (2006) : 近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係, *日本地震工学会論文集*, 第6巻第1号, 11-22.
- 藤原広行・河合伸一・青井真・森川信之・先名重樹・工藤暢章・大井昌弘・はお憲生・若松加寿江・石川裕・奥村俊彦・石井透・松島信一・早川譲・遠山信彦・成田章 (2009) : 「全国地震動予測地図」作成手法の検討, *防災科学技術研究所研究資料*, 第336号.
- Ide, S. and Takeo, M. (1996) : The Dynamic Rupture Process of the 1993 Kushiro-oki Earthquake, *Journal of Geophysical Research*, Vol.101, No.B3, pp.5661-5675.
- 入倉孝次郎・三宅弘恵 (2001) : シナリオ地震の強震動予測, *地学雑誌*, **110**, 849-875.
- Ishida, M. (1992) : Geometry and Relative Motion of the Philippine Sea Plate and Pacific Plate Beneath the Kanto-Tokai District, Japan, *Journal of Geophysical Research*, Vol.97, No.B1, 489-513.
- 石川 裕・奥村俊彦 (2001) : 地域の集積リスクを考慮した想定地震の選定方法, *地域安全学会論文集*, **3**, 199-206.
- 石川 裕・奥村俊彦・斎藤知生 (2002) : 複数回の地震発生を考慮した地震ハザード評価, *土木学会第57回年次学術講演会*, I-737, pp.1473-1474.
- 石川 裕・藤原広行・能島暢呂・奥村俊彦・宮腰淳一 (2008) : 地震カテゴリー別の確率論的地震動予測地図, *日本地震工学会大会—2008 梗概集*, 220-221.
- 伊藤 潔 (1997) : 地殻内地震の深さの上限, *日本地震学会 1997年度秋季大会講演予稿集*, 69.
- 地震調査委員会 (2000) : 宮城県沖地震の長期評価, 平成12年11月27日.
- 地震調査委員会 (2001a) : 長期的な地震発生確率の評価手法について, 平成13年6月8日.
- 地震調査委員会 (2001b) : 南海トラフの地震の長期評価について, 平成13年9月27日.
- 地震調査委員会 (2002a) : 布田川・日奈久断層帯の評価, 平成14年5月8日.
- 地震調査委員会 (2002b) : 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について, 平成14年7月31日.
- 地震調査委員会 (2002c) : 糸魚川—静岡構造線断層帯 (北部、中部) の地震を想定した強震動評価について, 平成14年10月31日.
- 地震調査委員会 (2003a) : 森本・富樫断層帯の地震を想定した強震動評価について, 平成15年3月12日.
- 地震調査委員会 (2003b) : 千島海溝沿いの地震活動の長期評価について, 平成15年3月24日.
- 地震調査委員会 (2003c) : 日本海東縁部の地震活動の長期評価について, 平成15年6月20日.
- 地震調査委員会 (2003d) : 宮城県沖地震を想定した強震動評価について, 平成15年6月18日.
- 地震調査委員会 (2003e) : 布田川・日奈久断層帯の地震を想定した強震動評価について, 平成15年7月31日.
- 地震調査委員会 (2003f) : 三浦半島断層群の地震を想定した強震動評価について, 平成15年10月28日.
- 地震調査委員会 (2003g) : 山形盆地断層帯の地震を想定した強震動評価について, 平成15年11月25日.
- 地震調査委員会 (2004a) : 日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価について, 平成16年2月27日.
- 地震調査委員会 (2004b) : 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震を想定した強震動評価について, 平成16年3月22日.
- 地震調査委員会 (2004c) : 三陸沖北部の地震を想定した強震動評価について, 平成16年5月21日.
- 地震調査委員会 (2004d) : 琵琶湖西岸断層帯の地震を想定した強震動評価について, 平成16年6月21日.
- 地震調査委員会 (2004e) : 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価について, 平成16年8月23日.

- 地震調査委員会 (2004f) : 高山・大原断層帯の地震を想定した強震動評価について, 平成 16 年 9 月 27 日.
- 地震調査委員会 (2004g) : 石狩低地東縁断層帯の地震を想定した強震動評価について, 平成 16 年 11 月 29 日.
- 地震調査委員会 (2004h) : 千島海溝沿いの地震活動の長期評価 (第二版) について, 平成 16 年 12 月 20 日.
- 地震調査委員会 (2005a) : 長期評価における確率値の更新と活断層の地震規模の表記について, 平成 17 年 1 月 12 日.
- 地震調査委員会 (2005b) : 山崎断層帯の地震を想定した強震動評価について, 平成 17 年 1 月 31 日.
- 地震調査委員会 (2005c) : 「全国を概観した地震動予測地図」報告書, 平成 17 年 3 月 23 日.
- 地震調査委員会 (2005d) : 「全国を概観した地震動予測地図」報告書 (分冊 1) - 確率論的地震動予測地図の説明 -, 平成 17 年 3 月 23 日.
- 地震調査委員会 (2005e) : 中央構造線断層帯 (金剛山地東縁-和泉山脈南縁) の地震を想定した強震動評価について, 平成 17 年 7 月 19 日.
- 地震調査委員会 (2006a) : 長期評価による地震発生確率値の更新について, 平成 18 年 1 月 11 日.
- 地震調査委員会 (2006b) : 「全国を概観した地震動予測地図」報告書, 平成 18 年 9 月 25 日改訂.
- 地震調査委員会 (2006c) : 「全国を概観した地震動予測地図」報告書 (分冊 1) - 確率論的地震動予測地図の説明 -, 平成 18 年 9 月 25 日改訂.
- 地震調査委員会 (2007a) : 長期評価による地震発生確率値の更新について, 平成 19 年 1 月 10 日.
- 地震調査委員会 (2007b) : 「全国を概観した地震動予測地図」2007 年版, 平成 19 年 4 月 18 日.
- 地震調査委員会 (2008a) : 長期評価による地震発生確率値の更新について, 平成 20 年 1 月 11 日.
- 地震調査委員会 (2008b) : 「全国を概観した地震動予測地図」2008 年版, 平成 20 年 4 月 24 日.
- 地震調査委員会 (2009a) : 長期評価による地震発生確率値の更新について, 平成 21 年 1 月 9 日.
- 地震調査委員会 (2009b) : 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価の一部改訂について, 平成 21 年 3 月 9 日.
- 地震調査委員会 (2009c) : 「全国地震動予測地図」2009 年版, 平成 21 年 7 月 21 日.
- 地震調査委員会 (2009d) : 六日町断層帯の長期評価について, 平成 21 年 6 月 22 日.
- 地震調査委員会 (2010a) : 長期評価による地震発生確率値の更新について, 平成 22 年 1 月 12 日.
- 地震調査委員会 (2010b) : 「全国地震動予測地図」2010 年版, 平成 22 年 5 月 20 日.
- 地震調査委員会 (2011a) : 長期評価による地震発生確率値の更新について, 平成 23 年 1 月 11 日.
- 地震調査委員会 (2011b) : 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価 (第二版) について, 平成 23 年 11 月 25 日公表, 平成 24 年 2 月 9 日変更.
- 地震調査委員会 (2011c) 中央構造線断層帯 (金剛山地東縁-伊予灘) の長期評価 (一部改訂) について, 平成 23 年 2 月 18 日.
- 地震調査委員会 (2011d) : 新庄盆地断層帯の長期評価の一部改訂について, 平成 23 年 5 月 19 日.
- 地震調査委員会 (2012) : 長期評価による地震発生確率値の更新について, 平成 24 年 1 月 11 日.
- 地震調査委員会長期評価部会 (2002a) : 震源を予め特定しにくい地震等の評価手法について (中間報告), 平成 14 年 5 月 29 日.
- 地震調査委員会長期評価部会 (2002b) : 次の宮城県沖地震の震源断層の形状評価について, 平成 14 年 10 月 15 日.
- 地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会 (2002a) : 確率論的地震動予測地図の試作版 (地域限定) について, 平成 14 年 5 月 29 日.
- 地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会 (2002b) : 宮城県沖地震を想定した強震動評価手法について (中間報告), 平成 14 年 10 月 15 日.
- 地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会 (2003) : 確率論的地震動予測地図の試作版 (地域限定-北日本), 平成 15 年 3 月 25 日.
- 地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会 (2004) : 確率論的地震動予測地図の試作版 (地域限定-西日本), 平成 16 年 3 月 25 日.
- 地震調査研究推進本部 (2009a) : 地震の評価に関する参考資料 -高田平野東縁断層帯 [新潟県] -, 平成 21 年 3 月 18 日.
- 地震調査研究推進本部 (2009b) : 地震の評価に関する参考資料 -神縄・国府津-松田断層帯 [神奈川県、静岡県] -, 平成 21 年 6 月 22 日.
- 地震調査研究推進本部 (2009c) : 地震の評価に関する参考資料 -六日町断層帯 [新潟県] -, 平成 21 年 6 月 22 日.
- 地震調査研究推進本部 (2009d) : 地震の評価に関する参考資料 -安芸灘断層群 [広島県、山口県] -, 平成 21 年 6 月 22 日.
- 地震調査研究推進本部 (2009e) : 地震の評価に関する参考資料 -琵琶湖西岸断層帯 [滋賀県] -, 平成 21 年 8 月 27 日.
- 地震調査研究推進本部 (2009f) : 地震の評価に関する参考資料 -庄内平野東縁断層帯 [山形県] -, 平成 21 年 10 月 19 日.
- 地震調査研究推進本部 (2010a) : 地震の評価に関する参考資料 -十日町断層帯 [新潟県] -, 平成 22 年 3 月 18 日.
- 地震調査研究推進本部 (2010b) : 地震の評価に関する参考資料 -宮古島断層帯 [沖縄県] -, 平成 22 年 5 月 20 日.

参考文献

- 地震調査研究推進本部 (2010c) : 地震の評価に関する参考資料 -石狩低地東縁断層帯 [北海道] -, 平成 22 年 8 月 26 日
- 地震調査研究推進本部 (2011a) : 地震の評価に関する参考資料 -中央構造線断層帯 [奈良県、和歌山県、大阪府、兵庫県] -, 平成 23 年 2 月 18 日.
- 地震調査研究推進本部 (2011b) : 地震の評価に関する参考資料 -新庄盆地断層帯 [山形県] -, 平成 23 年 5 月 19 日.
- 垣見俊弘・松田時彦・相田勇・衣笠善博 (2003) : 日本列島と周辺海域の地震地体構造区分, 地震第 2 輯, Vol.55, pp.389-406.
- Kanno, T., A. Narita, N. Morikawa, H. Fujiwara and Y. Fukushima (2006): A new attenuation relation for strong ground motion in Japan based on recorded data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 96, 879-897.
- 活断層研究会編(1991) : [新編] 日本の活断層 分布図と資料, 東京大学出版会.
- 亀田弘行・石川 裕・奥村俊彦・中島正人 (1997) : 確率論的想定地震の概念と応用, 土木学会論文集, **577/I-41**, 75-87.
- 勝俣啓・笠原稔・和田直人 (2002) : 稠密地震観測網によって見えてきた太平洋プレート内十勝沖断裂帯, 月刊地球, Vol. 24, No. 7, pp. 499-503.
- 建設省土木研究所地震防災部振動研究室 (1983) : 前・余震の頻度および規模に関する調査, 土研資料 No.1995.
- 菊地正幸・金森博雄 (1995) : 広帯域地震記録による 1994 年北海道東方沖地震の震源メカニズム, 月刊地球, Vol.17, No.5, pp.322-328.
- 気象庁 (2010) : 地震・火山月報 (カタログ編) 平成 2009 年 12 月, (財)気象業務支援センター.
- Kosuga, M., T. Sato, A. Hasegawa, T. Matsuzawa, S. Suzuki, and Y. Motoya (1996): Spatial Distribution of Intermediate-depth Earthquakes with Horizontal or Vertical Nodal Planes beneath Northeastern Japan, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 93, pp. 63-89.
- 松田時彦 (1975) : 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震第 2 輯, **28**, 269-283.
- 松田時彦・塚崎朋美・萩谷まり(2000) : 日本陸域の主な起震断層と地震の表一断層と地震の地方別分布関係一, 活断層研究, Vol.19, pp.33-54.
- 松岡昌志・若松加寿江 (2008) : 地形・地盤分類 250m メッシュマップ全国版に基づく地盤のゆれやすさデータ, 産業技術総合研究所, 知的財産管理番号 H20PRO-936.
- 翠川三郎・藤本一雄・村松郁栄 (1999) : 計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標との関係, 地域安全学会論文集, 1, 51-56.
- 森川信之・神野達夫・成田章・藤原広行・福島美光 (2003) : 東北日本の異常震域に対応するための距離減衰式の補正係数, 日本地震工学会論文集, 第 3 巻第 4 号, 14-26.
- 森川信之・神野達夫・成田章・藤原広行・福島美光 (2006) : 東北日本の異常震域に対応するための最大振幅および応答スペクトルの新たな距離減衰式補正係数, 日本地震工学会論文集, 第 6 巻第 1 号, 23-41.
- 森川信之・藤原広行 (2009) : 地動の最大速度と計測震度の関係についての一考察, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会予稿集, S152-P024.
- 村井芳夫・他 (2002) : 海底および陸上稠密地震観測から明らかになった日高衝突帯の地下構造, 月刊地球, Vol. 24, No. 7, pp. 495-498.
- 中田高・今泉俊文編(2002) : 活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会.
- 奥村俊彦・石川 裕 (1998) : 活断層の活動度から推定される平均変位速度に関する検討, 土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集, 第 I 部 (B), pp.554-555.
- Satake, K. (1986) : Re-examination of the 1940 Shakotan-oki Earthquake and the Fault Parameters of the Earthquakes along the Eastern Margin of the Japan Sea, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Vol.43, pp.137-147.
- Sato, T. (1985) : Rupture Characteristics of the 1983 Nihonkai-chubu (Japan Sea) Earthquake as Inferred from Strong Motion Accelerograms, *Journal of Physics of the Earth*, Vol.33, pp.525-557.
- 佐藤良輔編著 (1989) : 日本の地震断層パラメーター・ハンドブック, 鹿島出版会.
- 政策委員会調査観測計画部会 (2003) : 東南海・南海地震を対象とした調査観測の強化に関する計画 (第一次報告), 平成 15 年 6 月 26 日.
- 司宏俊・翠川三郎(1999) : 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第 523 号, pp. 63-70.
- 損害保険料率算定会 (2000) : 活断層と歴史地震とを考慮した地震危険度評価の研究～地震ハザードマップの提案～, 地震保険調査研究 47.
- 武村雅之 (1990) : 日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係, 地震第 2 輯, **43**, 257-265.
- Tanioka, Y., Satake, K. and Ruff, L.(1995) : Total Analysis of the 1993 Hokkaido Nansei-oki Earthquake Using Seismic Wave, Tsunami, and Geodetic Data, *Geophysical Research Letters*, Vol.22, No.1, pp.9-12.

- 植平賢司・清水洋・松尾綱道・後藤和彦 (2001): 四国・中国西端から九州にかけての深発地震面の形状と発震機構, 月間地球, Vol. 23, No. 10, 669-673.
- Umino, N., A. Hasegawa, and A. Takagi (1990): The Relationship between Seismicity Patterns and Fracture Zones beneath Northeastern Japan, *Tohoku Geophys. Journ.*, Vol. 33, No. 2, pp. 149-162.
- 宇佐美龍夫 (1996): 新編日本被害地震総覧 (増補改訂版), 東京大学出版会, 493pp.
- 宇津徳治・関彰 (1955): 余震区域の面積と本震のエネルギーとの関係, 地震 第 2 輯, 7, pp.233-240.
- 宇津徳治 (1982): 日本付近の M6.0 以上の地震及び被害地震の表: 1885 年~1980 年, 地震研究所彙報, Vol. 57, pp. 401-463.
- 宇津徳治 (1985): 日本付近の M6.0 以上の地震及び被害地震の表: 1885 年~1980 年 (訂正と追加), 地震研究所彙報, Vol. 60, pp. 639-642.
- 宇津徳治 (2001): 地震学 (第 3 版), 共立出版.
- 8 章**
- Aki, K. (1967): Scaling law of seismic spectrum, *J. Geophys. Res.*, **72**, 1217-1231.
- Aoi, S. and Fujiwara, H. (1999): 3D finite-difference method using discontinuous grids, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **89**, 918-930.
- 青井真・早川俊彦・藤原広行 (2004): 地震動シミュレータ:GMS, 物理探査, **57**, 651-666.
- Boore, D. M. (1983): Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **73**, 1865-1894.
- Boore, D. M. and Boatwright, J. (1984): Average body-wave radiation coefficients, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **74**, 1615-1621.
- Brune, J. N. (1970): Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, *J. Geophys. Res.*, **75**, 4997-5009.
- Brune, J. N. (1971): Correction, *J. Geophys. Res.*, **76**, 5002.
- Cerjan, C., Kosloff, D., Kosloff, R. and Reshef, M. (1985): A nonreflecting boundary condition for discrete acoustic and elastic wave equations, *Geophysics*, **50**, 705-708.
- 中央防災会議 (2003): 東南海・南海地震等に関する専門調査会 (第 16 回) 参考資料 2.
- Coutant, O., Virieux, J. and Zollo, A. (1995): Numerical source implementation in a 2D finite difference scheme for wave propagation, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **85**, 1507-1512.
- 壇一男・佐藤俊明 (1998): 断層の非一様すべり破壊を考慮した半経験的波形合成法による強震動予測, 日本建築学会構造系論文集, **509**, 49-60.
- 壇一男・渡辺基史・佐藤俊明・宮腰淳一・佐藤智美 (2000): 統計的グリーン関数法による 1923 年関東地震 ($M_{JA}7.9$) の広域強震動評価, 日本建築学会構造系論文集, **530**, 53-62.
- 壇一男・渡辺基史・佐藤俊明・石井透 (2001): 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, **545**, 51-62.
- 壇一男・佐藤俊明・入倉孝次郎 (2002): アスペリティモデルに基づく強震動予測のための震源モデルの特性化手法, 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集, 555-560.
- Eshelby, J. D. (1957): The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems, *Proceedings of the Royal Society*, A241, 376-396.
- Fujii, Y. and Matsu'ura, M. (2000): Regional difference in scaling laws for large earthquakes and its tectonic implication, *Pure Appl. Geophys.*, **157**, 2283-2302.
- 藤本一雄・翠川三郎 (2005): 近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度推定法, 地域安全学会論文集, **7**, 1-6.
- 藤本一雄・翠川三郎 (2006): 近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均 S 波速度の関係, 日本地震工学会論文集, **6-1**, 11-22.
- 藤原広行・河合伸一・青井真・先名重樹・大井昌弘・松山尚典・岩本鋼司・鈴木晴彦・早川讓 (2006): 強震動評価のための深部地盤構造全国初期モデル, 第 12 回日本地震工学シンポジウム, 0340, 1466-1469.
- 藤原広行・河合伸一・青井真・森川信之・先名重樹・工藤暢章・大井昌弘・はお憲生・若松加寿江・石川裕・奥村俊彦・石井透・松島信一・早川讓・遠山信彦・成田章 (2009a): 「全国地震動予測地図」作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, 第 336 号.
- 藤原広行・河合伸一・青井真・森川信之・先名重樹・工藤暢章・大井昌弘・はお憲生・早川讓・遠山信彦・松山尚典・岩本鋼司・鈴木晴彦・劉瑛 (2009b): 強震動評価のための全国深部地盤構造モデル作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, 第 337 号.
- Geller, R. J. (1976): Scaling relations for earthquake source parameters and magnitudes, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **66**, 1501-1523.
- Graves, R. W. (1996): Simulating seismic wave propagation in 3D elastic media using staggered-grid finite differences, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **86**, 1091-1106.
- Hanks, T. C. (1982): f_{max} , *Bull. Seism. Soc. Am.*, **72**, 1867-1879.

参考文献

- Hanks, T. C. and McGuire, R. K. (1981): The character of high-frequency strong ground motion, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **71**, 2071-2095.
- Hartzell, S. H. (1978): Earthquake aftershocks as Green's functions, *Geophys. Res. Lett.*, **5**, 1-4.
- 堀家正則・大西良広 (2008): 統計的グリーン関数法の経時特性の改良とそれを用いた兵庫県南部地震の大阪平野における三成分加速度波形の再現, *日本建築学会構造系論文集*, **631**, 1495-1502.
- Irikura, K. (1983): Semi-empirical estimation of strong ground motions during large earthquakes, *Bull. Disas. Prev. Inst., Kyoto Univ.*, **33**, 63-104.
- 入倉孝次郎・釜江克宏 (1999): 1948 年福井地震の強震動, *地震第 2 輯*, **52**, 129-150.
- 入倉孝次郎・三宅弘恵・岩田知孝・釜江克宏・川辺秀憲 (2002): 強震動予測のための修正レシピとその検証, 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集, 567-672.
- 石井透・佐藤俊明・Somerville, P. G. (2000): 強震動評価のための不均質断層モデルの主破壊領域の抽出, *日本建築学会構造系論文集*, **527**, 61-70.
- 石井透・佐藤俊明 (2000): 強震動評価のための不均質断層モデルの主破壊領域の面積とモーメントの関係, *日本地震学会講演予稿集*, 2000 年秋季大会, B09.
- 地震調査委員会 (2005): 山崎断層帯の地震を想定した強震動評価について, 平成 17 年 1 月 31 日公表.
- 地震調査委員会 (2008a): 2005 年福岡県西方沖の地震の観測記録に基づく強震動評価手法の検証について, 平成 20 年 4 月 11 日公表.
- 地震調査委員会 (2008b): 警固断層帯 (南東部) の地震を想定した強震動評価について, 平成 20 年 4 月 11 日公表.
- 地震調査委員会 (2008c): 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」) (平成 20 年 4 月 11 日更新), 平成 20 年 4 月 11 日公表.
- 地震調査委員会 (2009): 全国地震動予測地図, 平成 21 年 7 月 21 日公表.
- 地震調査委員会 (2010a): 全国地震動予測地図 2010 年版, 平成 22 年 5 月 20 日公表.
- 地震調査委員会 (2010b): 宮古島断層帯の長期評価について, 平成 22 年 5 月 20 日公表.
- 地震調査委員会強震動評価部会 (2008): 2005 年福岡県西方沖の地震の観測記録に基づく強震動評価手法の検証について, 平成 20 年 4 月 11 日公表.
- 香川敬生 (2004): ハイブリッド合成法に用いる統計的グリーン関数法の長周期帯域への拡張, *日本地震工学会論文集*, **4-2**, 21-32.
- 釜江克宏・入倉孝次郎・福知保長 (1991): 地震のスケールリング則に基づいた大地震時の強震動予測: 統計的波形合成法による予測, *日本建築学会構造系論文集*, **430**, 1-9.
- 川瀬博・松尾秀典 (2004): K-NET, KiK-net, JMA 震度計観測網による強震動波形を用いた震源・パス・サイト各特性の分離解析, *日本地震工学会論文集*, **4-1**, 33-52.
- 川瀬博・松島信一 (1998): 半経験的方法・理論的方法およびそれらのハイブリッド合成法による強震動評価, 一兵庫県南部地震の場合, *日本建築学会学術講演梗概集*, B-II, 171-172.
- 気象庁 (1996): 気象庁告示第 4 号.
- Levander, A. R. (1988): Fourth-order finite-difference P-SV seismograms, *Geophysics*, **53**, 1425-1436.
- Madariaga, R. (1979): On the relation between seismic moment and stress drop in presence of stress and strength heterogeneity, *J. Geophys. Res.*, **84**, 2243-2250.
- Matsubara, M., Obara, K. and Kasahara, K. (2008): Three-dimensional P- and S-wave velocity structures beneath the Japan islands obtained by high-density seismic stations by seismic tomography, *Tectonophysics*, **454**, 86-103.
- 松岡昌志・若松加寿江 (2008): 地形・地盤分類 250m メッシュマップ全国版に基づく地盤のゆれやすさデータ, 産業技術総合研究所, 知的財産管理番号 H20PRO-936.
- 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*, No.794/I-72, 239-251.
- 三明雅幸・日下部馨・前田幸典・堀家正則 (1999): 統計的グリーン関数法によって得られる合成波形の上下動成分に関する考察, *日本建築学会大会学術講演梗概集*, B-2, 127-128.
- 翠川三郎・藤本一雄・村松郁栄 (1999): 計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標との関係, *地域安全学会論文集*, **1**, 51-56.
- 宮腰研・関口春子・岩田知孝 (2001): すべりの空間的不均質性の抽出, 平成 12 年度科学振興調整費「地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究」研究成果報告書, 99-109.
- Morikawa, N., S. Senna, Y. Hayakawa and H. Fujiwara (2008): Application and Verification of 'Recipe' to Strong-Motion Evaluation for the 2005 West off Fukuoka Earthquake (Mw=6.6), *Proc. of 14th World Conference on Earthquake Engineering*, 02-0039.
- 中村洋光・宮武隆 (2000): 断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の近似式, *地震第 2 輯*, **53**, 1-9.

- 中村洋光・宮武隆 (2001): 断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の近似式の Fortran Program,
<http://www.eri-u-tokyo.ac.jp/miyatake/SlipFunc-Prog.html>, 2001 年 1 月.
- 中田高・島崎邦彦・鈴木康弘・佃栄吉 (1998): 活断層はどこから割れ始めるのか?—活断層の分岐形態と破壊伝播方向—, 地学雑誌, **107**, 512-528.
- Nishimura, I., S. Noda, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Todo and T. Watanabe (2001): Response spectra for design purpose of stiff structures on rock, Trans. 16th Inter. Conf. Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT), Div. K, No. 1133.
- Pitarka, A. (1999): 3D elastic finite-difference modeling of seismic motion using staggered grids with nonuniform spacing, Bull. Seism. Soc. Am., **89**, 54-68.
- 佐藤俊明・壇一男・Graves, R. W., Somerville, P. G. (1998): 1923 年関東大地震 (Ms8.2) の断層の非一様すべり破壊を考慮した 3 次元有限差分法と半経験的手法のハイブリッドによる東京の広帯域強震動シミュレーション, 第 10 回日本地震工学シンポジウム, Vol.1, 679-684.
- 佐藤智美・川瀬博・佐藤俊明 (1994a): ボアホール観測記録を用いた表層地盤同定手法による工学的基盤波の推定及びその統計的経時特性, 日本建築学会構造系論文集, **461**, 19-28.
- 佐藤智美 (2008): 水平・上下動の広帯域統計的グリーン関数生成手法に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, **629**, 1087-1094.
- 佐藤智美・川瀬博・佐藤俊明 (1994b): 表層地盤の影響を取り除いた工学的基盤波の統計的スペクトル特性: 仙台地域のボアホールで観測された多数の中小地震記録を用いた解析, 日本建築学会構造系論文集, **462**, 79-89.
- 佐藤泰夫 (1978): 弾性波動論, 岩波書店.
- 先名重樹・藤原広行・河合伸一・青井真・功刀卓・石井透・早川譲・森川信之・本多亮・小林京子・大井昌弘・八十島裕・神野達夫・奥村直子 (2004): 森本・富樫断層帯の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, 第 255 号.
- 司宏俊・翠川三郎 (1999): 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, **523**, 63-70.
- Somerville, P. G., Irikura, K., Graves, R., Sawada, S., Wald, D., Abrahamson, N., Iwasaki, Y., Kagawa, T., Smith, N. and Kowada, A. (1999): Characterizing crustal earthquake slip models for prediction of strong ground motion, Seismol. Res. Lett., **70**, 59-80.
- 鶴来雅人・香川敬生・入倉孝次郎・古和田明 (1997): 近畿地方で発生する地震の f_{max} に関する基礎的検討, 地球惑星科学関連学会 1997 年合同大会予稿集, 103.
- Virieux, J. and Madariaga, R. (1982): Dynamic faulting studied by a finite difference method, Bull. Seism. Soc. Am., **72**, 345-369.
- 若松加寿江・松岡昌志 (2008): 地形・地盤分類 250m メッシュマップ全国版の構築, 日本地震工学会大会—2008 梗概集, 222-223.
- 若松加寿江・松岡昌志・久保純子・長谷川浩一・杉浦正美 (2004): 日本全国地形・地盤分類メッシュマップの構築, 土木学会論文集, No.759/I-67.
- 若松加寿江・久保純子・松岡昌志・長谷川浩一・杉浦正美 (2005): 日本の地形・地盤デジタルマップ, 東京大学出版会.
- Zhao, D., Hasegawa, A. and Kanamori, H. (1994): Deep structure of Japan subduction zone as derived from local, regional, and teleseismic events, J. Geophys. Res., **122**, 31

9 章

- 藤原広行・河合伸一・森川信之・東宏樹・本間芳則・早川俊彦・成田章 (2011) 地震動予測地図閲覧スマートフォンアプリケーションの開発, 地球惑星科学連合大会 2011、MTT034-08

謝辞

本検討は、地震調査研究推進本部地震調査委員会、及び関連する部会・分科会等の指導のもとに実施された。微地形区分に基づく地盤の平均S波速度（AVS30）のデータは東京工業大学の松岡昌志氏より御提供いただいた。

検討作業では、清水建設株式会社の宮腰淳一氏、藤川智氏、渡辺基史氏、森井雄史氏、応用地質株式会社の早川讓氏、遠山信彦氏、稲垣賢亮氏、鈴木晴彦氏、三菱スペース・ソフトウェア株式会社の早川俊彦氏、高橋真理氏に御協力を頂いた。