

### 3. 4 断層近傍及び都市域における強震動予測向上のための調査

#### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 断層近傍及び都市域における強震動予測向上のための調査

(b) 担当者

| 所属機関              | 役職    | 氏名    |
|-------------------|-------|-------|
| 国立研究開発法人防災科学技術研究所 | 部門長   | 藤原 広行 |
| 同上                | 主任研究員 | 森川 信之 |
| 同上                | 主幹研究員 | 先名 重樹 |
| 同上                | 主任研究員 | 前田 宜浩 |
| 同上                | 契約研究員 | 岩城 麻子 |

(c) 業務の目的

強い揺れによる被害が予測される震源断層ごく近傍及び周辺の大都市域を対象として、SIP の成果に基づいて構築された強震動評価のための広域地盤モデル（浅部・深部統合地盤モデル）の修正版を構築するとともに、地表断層及び地震発生層より浅い震源断層のモデル化手法を確立する。サブテーマ1～3の成果に基づいて、当該断層における活動区間などに関する不確実さを考慮した多様な震源モデルを構築し、修正した地下構造モデルを用いて地表変位を含む高精度な面的な強震動予測計算結果を平均値だけでなく幅を含めて提示する。

(d) 3ヵ年の年次実施業務の要約

1) 令和2年度：

地震調査研究推進本部による現行の屏風山・恵那山断層帯及び猿投山断層帯（恵那山－猿投山北断層帯）の地震を想定した震源断層を特定した地震動予測地図（2018）において震度6弱から6強の強い揺れが予測されている地表断層周辺、および周辺都市域（名古屋市、瀬戸市、長久手市、豊田市域）の強震動計算のための地盤モデルの構築について、工学的基盤の不整形性を高精度化するための微動アレイ観測、地震観測（地震計設置）を実施した。

震源断層を特定した地震動予測地図では、震源モデルが地中の単純な矩形で表現されており、谷筋に沿って複雑な地表断層形状をしている当該断層帯と乖離している部分もある。そこで、複雑な地表断層形状の詳細なモデル化手法と計算ツールを作成した。

2) 令和3年度：

地盤モデル高精度化のための調査観測を引き続き行うとともに、令和2年度の調査結果データとあわせて分析し、SIP等の既往の地盤モデル等の成果に基づく浅部・

深部統合地盤モデルを修正する。

平成 28 年熊本地震を対象とした検討（例えば、岩城・他、2018）からは、アスペリティが存在し得る地震発生層の上端深さとそれより浅い震源断層における地表変位を含む破壊過程が、断層ごく近傍の強震動計算結果に大きな影響を及ぼすことが明らかとなってきた。そこで、当該断層帯における地震発生層上端深さとそれより浅い地表変位を含む破壊過程が強震動計算結果に及ぼす影響を定量的に評価するための感度解析を実施する。

### 3) 令和 4 年度：

過年度までに構築した強震動計算のための地盤モデルの検証を行い、必要に応じて修正および調整を行う。

当該断層帯を対象とした地表変位を含む高精度化された強震動予測を行うため、活動区間などの不確実さを考慮した多様な震源モデル群を設定する。構築した地下構造モデルおよび震源モデル群を用いて広帯域（周期 0.1～10 秒）強震動シミュレーションを行い、現在の地震動予測地図から高精度化された面的な強震動予測計算結果を不確実さも含めて提示する。

## (2) 令和 2 年度の成果

### (a) 業務の要約

地震調査研究推進本部による震源断層を特定した地震動予測地図（2018）において、震度 6 弱から 6 強の強い揺れが予測されている地表断層周辺及び周辺都市域における強震動予測を向上させるため、地盤モデルの改良を目的に、工学的基盤の不整形性を高精度化するための微動アレイ観測及び地震観測を実施した。震源モデルを単純な矩形と仮定せず、複雑な地表断層形状を考慮した震源断層の詳細なモデル化手法を構築した。断層変位やそれに伴う長周期パルスなどについても併せて検討を行った。またサブテーマ 1～3 と連携して地形情報、活動履歴及び地下構造のほか、既往の破壊シミュレーション結果等も踏まえ、総合的に連動性の検討も開始した。

### (b) 業務の実施方法

断層近傍および周辺都市域の詳細な地盤モデル構築のため、稠密な微動観測および、地震計を設置し、観測を開始した。地震基盤深さまでの地盤モデルの高精度化のため、断層近傍および周辺都市域において、既往の地盤情報として重力探査データおよびボーリングデータ等を収集・整理し、初期地盤モデルを検討した。

現在の地表断層形状データを用いて、長さ数百 m 程度の線分により詳細な形状をモデル化し、それを地中の震源断層モデルにおける断層上端と接続することにより現行の震源モデルを活かし、かつ地表まで達する新たな震源モデルを構築した。また、次年度以降に多様・多数の震源モデル構築と強震動計算を効率的に行うためのツール群を整備した。

### (c) 業務の成果

次年度以降実施する地盤モデル構築のため、地盤モデル構築範囲内において、微動アレイ探査（大アレイ 40 地点、小アレイ 843 地点）を実施した（図 1）。また、地震観測点を岐阜県および愛知県の 20 か所（愛知県・岐阜県の小中学校の敷地内）に設置し、観測を開始した（図 2）。地盤モデルの高精度化のため、断層周辺および周辺都市域の既往の地盤等の情報として、重力探査データ（例えば田中(2009)）、既往地盤モデル（SIP 地盤モデル（Wakai et al., (2019)）・地震被害想定で作成された地盤モデル（愛知県(2015)・岐阜県(2018)）、反射法地震探査データ（東濃地震科学研究所(2005)）、自治体等の地震観測記録を収集・整理した（図 3）。初期地盤モデルの作成は、重力探査データから得られるブーゲー異常値に基づいた解析を、堆積層と基盤岩類の 2 層構造と仮定し、ブーゲー異常値に対してフィルターテスト（上方接続法）を行い、シグナル成分とトレンド成分が分離できている 5000 m の上方接続高度を最適な接続高度とした。シグナル成分表示では、恵那山断層帯、屏風山断層帯沿いに断続的な低重力異常を確認できる。阿寺断層帯、養老断層帯、中央構造線断層帯による重力異常も明瞭に見て取れる。次に、ボーリングデータから得られる基盤深さとの調整を行うことで、地震基盤相当の 3 次元地盤初期モデルを構築した（図 4）。

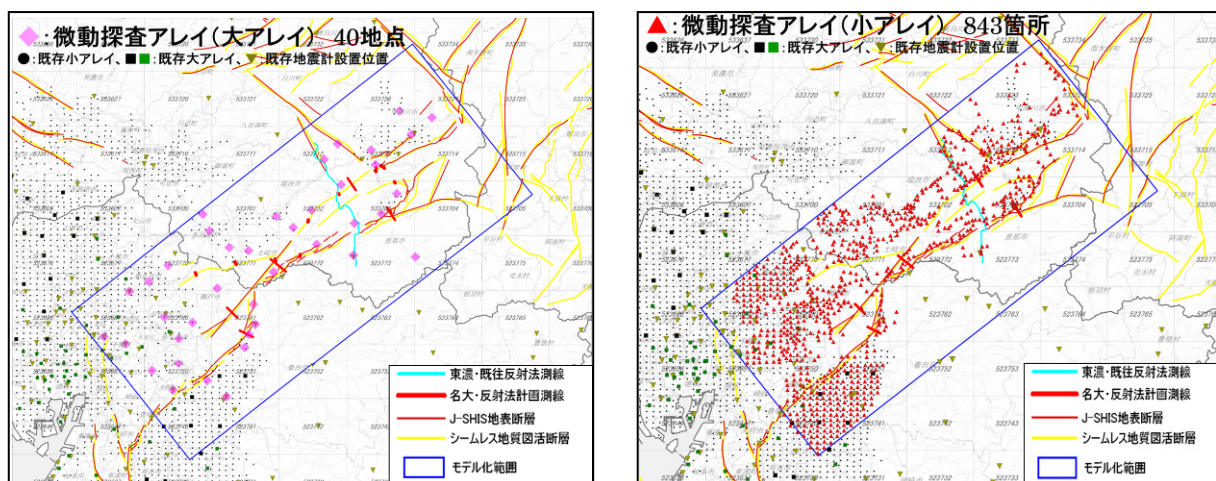


図 1 微動アレイ観測点分布図（左：大アレイ、右：小アレイ）

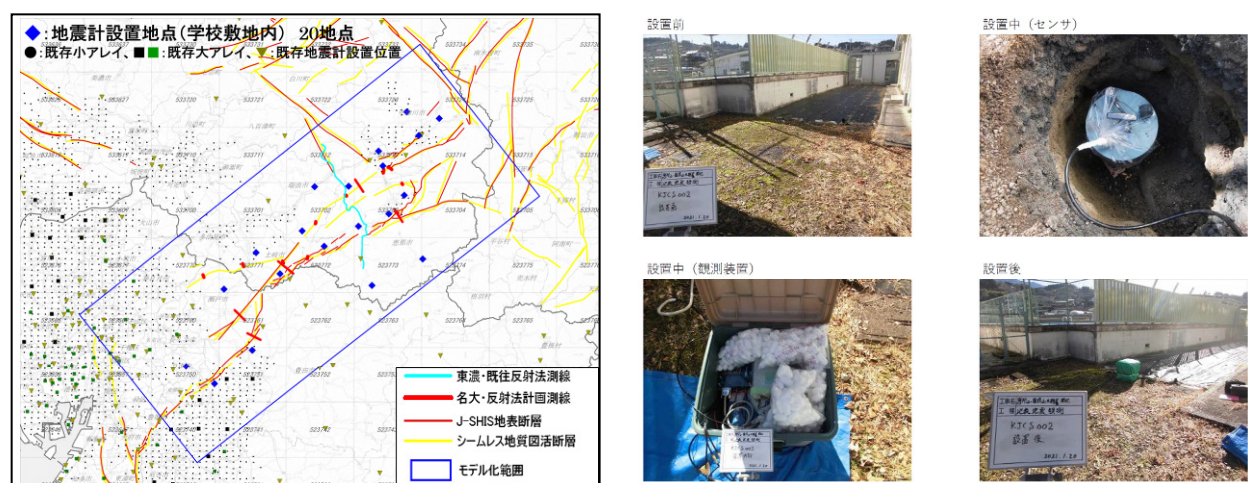


図 2 地震観測地点分布図（20 カ所）と地震計設置状況（中津川市・落合中学校）



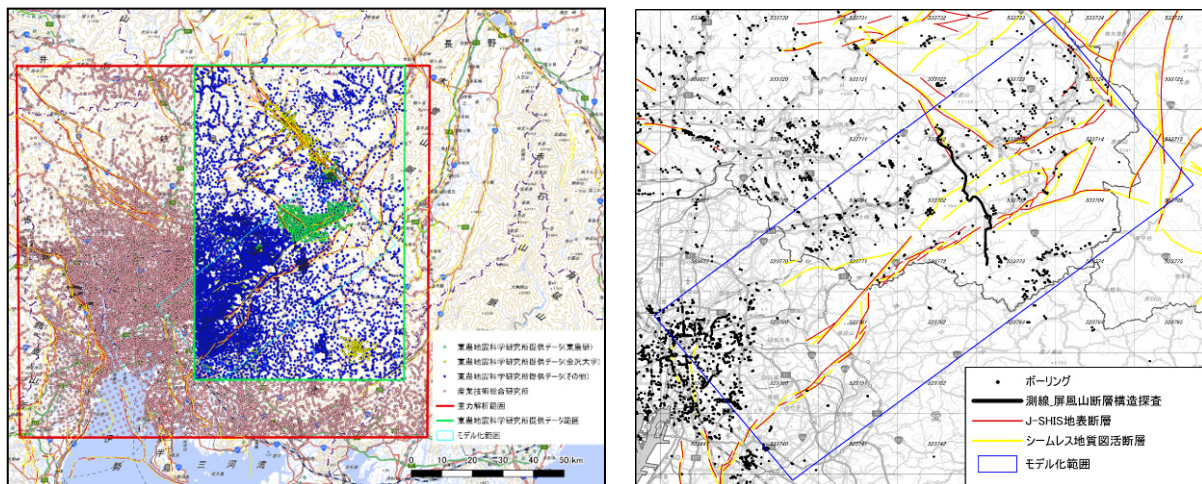


図3 重力観測点分布（左図）とボーリングおよび反射法地震探査測線地点（右図）

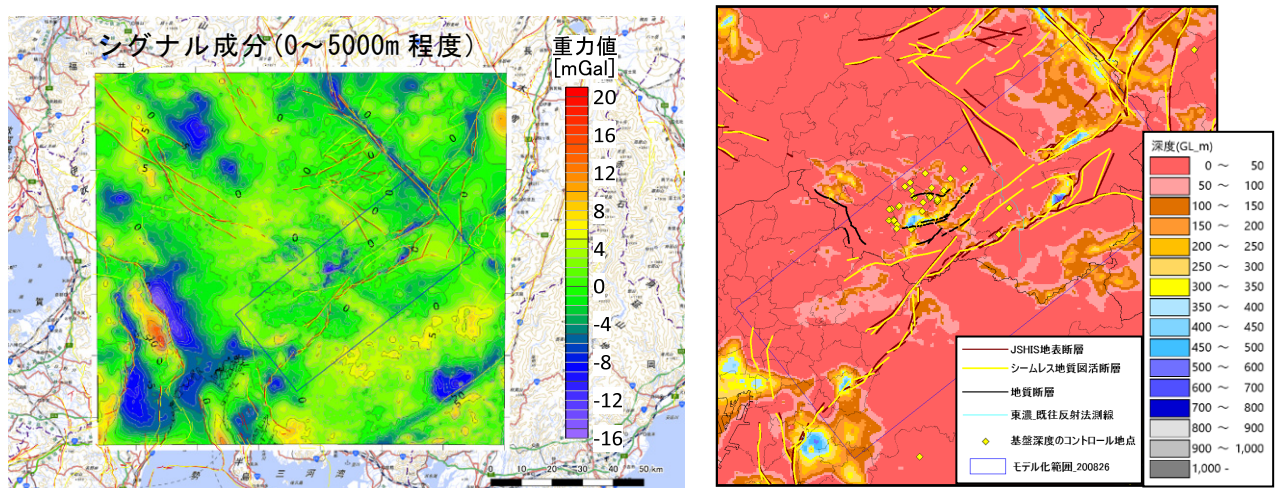


図4 重力解析結果とボーリングデータによる重力基盤（地震基盤相当）上面深度（図1～図4の背景地図は国土地理院、シームレス地質図活断層は、20万分の1日本シームレス地質図編集委員会、J-SHIS 地表活断層は、防災科学技術研究所の地震ハザードステーションによる）

サブテーマ1及び3で次年度以降に取りまとめられる断層の詳細な位置・形状データを強震動計算のための震源断層モデル形状に反映させることを目的として、矩形で表現される地中の震源断層モデルと、地表断層形状を接続させる手法について検討した。本年度は、全国地震動予測地図（地震調査委員会，2021）における恵那山－猿投山北断層帯の震源断層モデルを対象として検討を行った。ただし、当該断層帯のモデルは全国地震動予測地図2014年版で設定されたものから変更されていない。検討にあたり、地表断層形状データとして地震調査委員会による長期評価に基づく「主要活断層帯地表トレース」の位置座標データを、地中の震源断層モデルについては全国地震動予測地図の該当断層帯の震源断層モデルをそれぞれテストデータとして用いた（図5）。

以下で本年度整備したモデル化手法及びツールの概要を説明する。

－ 入力データ

地表断層形状データとして用いた主要活断層帯地表断層トレースは、全国主要活断層帯の地表断層形状が線分の集合として表現されるシェープファイルになっている。このシェープファイルを CSV ファイルに変換し、対象領域を緯度経度で指定することにより対象断層帯に該当する部分を抜き出した。その際、トレースを近似する線分の長さの最低値を設定できるようにし、任意の精度で地表トレース形状を単純化することができるようにした。

一方、地中の震源断層モデルには三次元差分法の強震動計算ツール GMS (青井・他, 2004) に入力可能なフォーマットの震源断層モデルデータを入力するものとする。地震動予測地図における矩形の震源断層モデルは 666m 間隔の点震源を並べたもので表現されているが、本業務ではより断層近傍にフォーカスした強震動予測を行うことを想定しているため、本年度業務では点震源間隔を 100m に設定したものをを用いた。

－ 浅部断層の点震源配置

地表断層トレースと地中断層上端の間を任意の間隔の点震源で接続する。接続部分を浅部断層と呼ぶ。まず、指定した間隔で 3 次元の等間隔格子を作成する。地表断層トレースを近似する各線分とそれに対応する地中断層上端の始点と終点をそれぞれ決め、始点同士と終点同士を結ぶ 2 直線を求める。格子の各深さにおいて地表面に平行な面と 2 直線の交点同士を結ぶ線分を引き (例えば断層上端深さが 2 km で深さ方向に 100m 間隔とする場合、19 本の地表面に平行な線分が引かれる)、線分から最も近い格子に点震源を配置する。図 6 に概念図を示す。

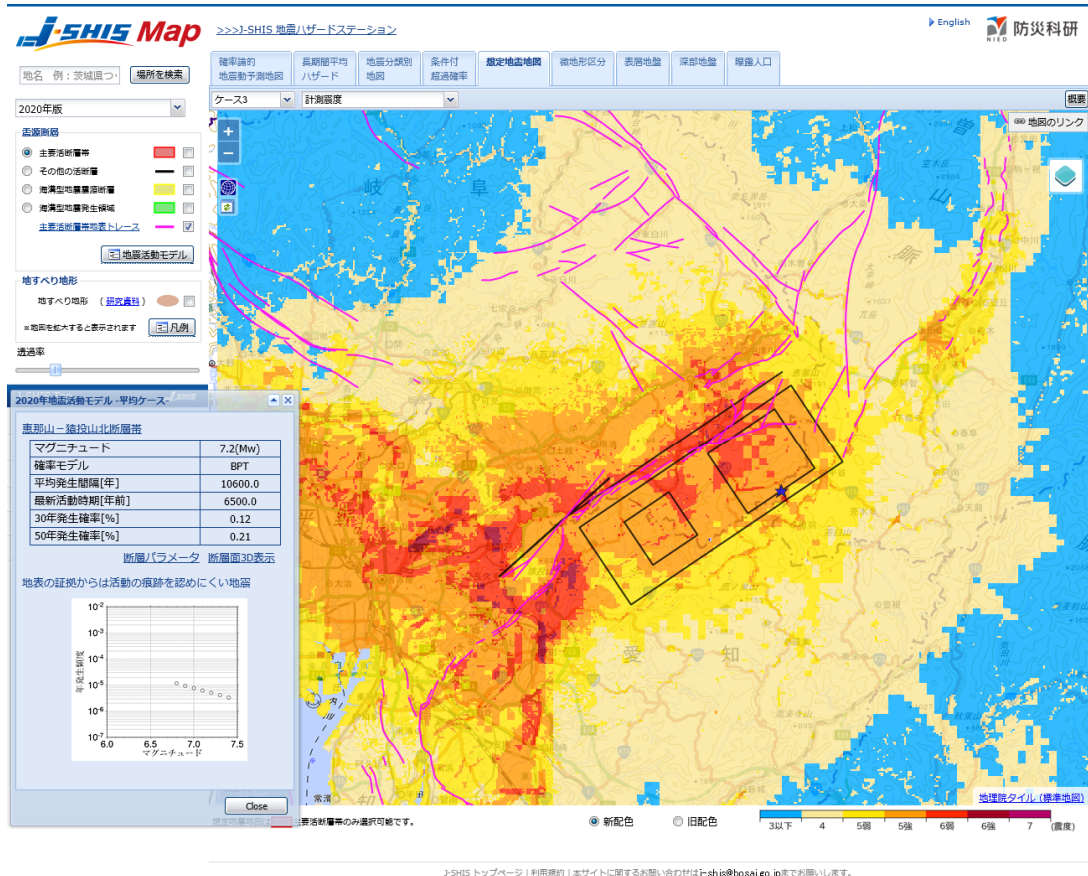


図5 全国地震動予測地図における恵那山－猿投山北断層帯の震源断層を特定した地震動予測地図（背景色）とその震源断層（黒色矩形）および主要活断層帯地表トレース（ピンク色）の J-SHIS 上での表示

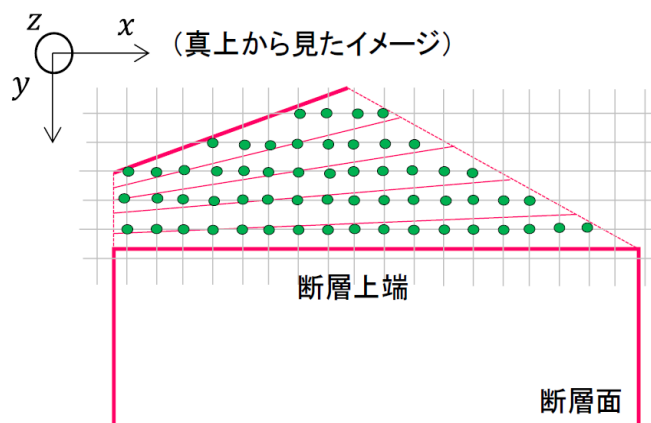


図6 断層浅部の点震源の配置（真上から見た概念図）

#### ー 強震動計算用震源断層ファイルの作成

設定した浅部断層は、地中地震断層モデルと同様、強震動計算ツール GMS に入力可能なフォーマットで出力され、両者を合わせることで地表断層形状を考慮した断層モデル



による強震動を計算することができる。出力ファイルは図7に示すようにhtmlファイルに書き出しブラウザ等で三次元断層形状を視覚的に確認しながら作業ができるようにした。図8に今回設定した恵那山－猿投山北断層帯東側の地中地震断層モデルと浅部断層の位置形状を示す。

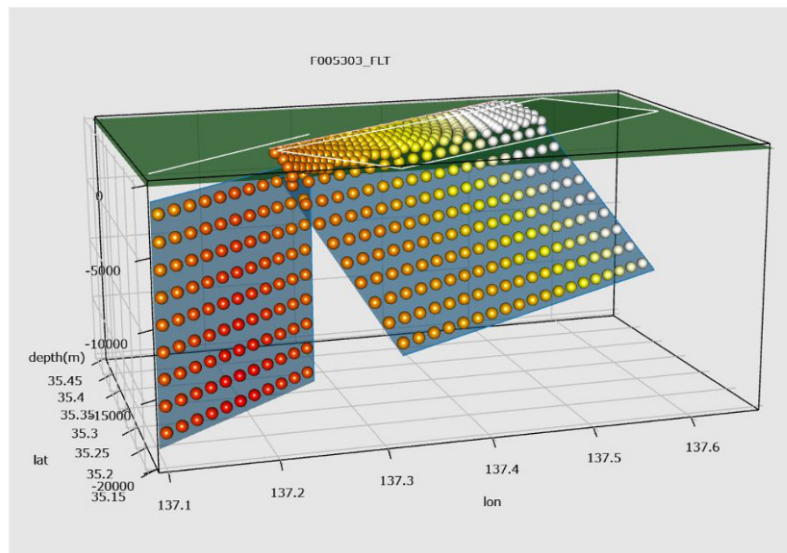


図7 作成した震源断層ファイルのhtml表示例

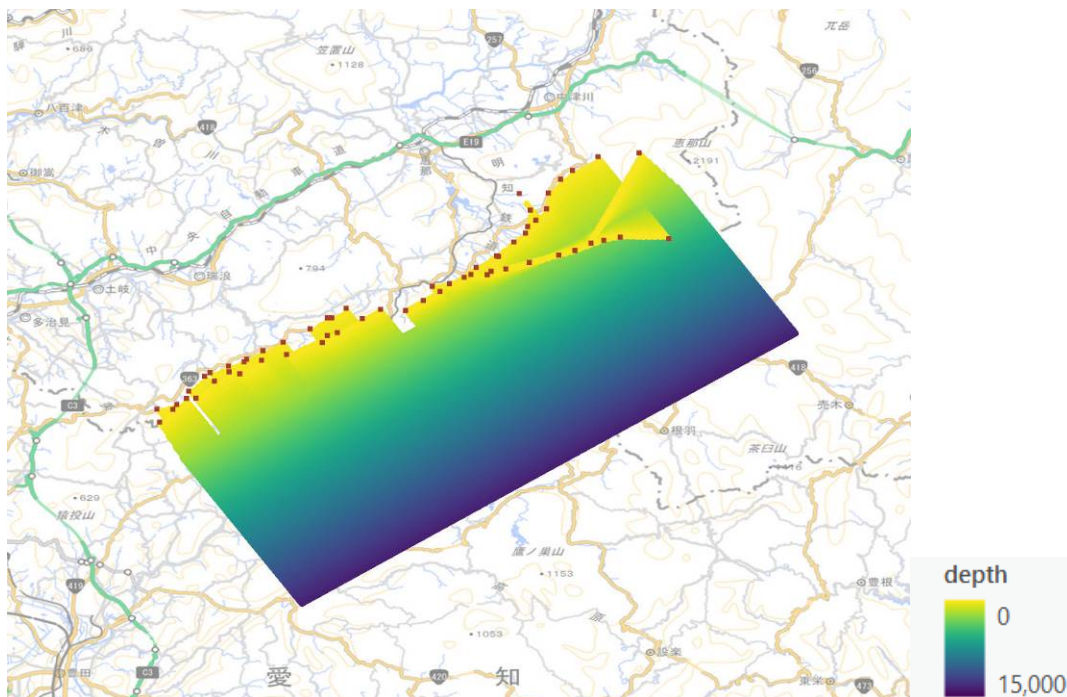


図8 恵那山－猿投山北断層帯（東部分）の地中断層および浅部断層の地図上への投影。カラスケールは震源断層モデルの深さ(m)を表す。赤い四角の点は地表断層トレースを近似した線分の端点位置を表す。背景地図は国土地理院による。

(d) 結論ならびに今後の課題

本年度において地盤モデル構築に必要となる微動観測および地震観測のための地震計の設置、およびデータの収集を実施した。来年度は地盤モデル高精度化のための地震観測等を引き続き行うとともに、今年度を実施した、微動アレイ観測の解析結果、地震観測記録等を分析し、検討した初期地盤モデルを活用して、既往の浅部・深部統合地盤モデルを修正する。

地表地震断層トレースや地中震源断層モデルを読み込み、それらを接続して強震動計算に用いることのできる震源モデルを出力するツールを作成した。次年度に強震動計算パラメータの設定による強震動計算結果の感度解析を行うことを見据え、ツールにおけるパラメータの入出力インターフェースには自由度を持たせている。次年度以降、サブテーマ 1 及び 3 の成果による断層モデルやおよび本サブテーマで構築する地盤構造モデルを踏まえ、強震動計算用震源断層モデルに断層形状や断層の運動性などの知見を取りこむ。特に浅部断層の形状や強震動計算パラメータが断層ごく近傍の顕著な断層変位や長周期パルス生成に及ぼす影響に留意して強震動計算を行う。

(e) 引用文献

愛知県防災会議地震部会：愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査結果 平成 26 年 5 月（平成 27 年 12 月修正），  
<https://www.pref.aichi.jp/bousai/2014higaiyosoku/2014higaiyosoku.htm>, 2015.

青井真・早川俊彦・藤原広行，地震動シミュレータ：GMS，物理探査，57，651-666，2004.  
防災科学技術研究所：地震ハザードステーション J-SHIS  
<https://www.j-shis.bosai.go.jp/>，2021.

岐阜県：内陸直下地震に係わる震度分布解析・被害想定調査結果 平成 30 年 3 月，  
<https://www.pref.gifu.lg.jp/page/19732.html>，2019.

岩城麻子・前田宜浩・森川信之・藤原広行・早川俊彦：強震動評価のための地表に達する断層モデル：2016 年熊本地震における検討，第 15 回日本地震工学シンポジウム論文集，OS2-02-03，2018.

地震調査研究推進本部地震調査委員会，全国地震動予測地図 2020 年版，  
[https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic\\_hazard\\_map/shm\\_report/shm\\_report\\_2020/](https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2020/)，2021.

国土地理院：地理院タイル，<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>.

産業技術総合研究所地質調査総合センター：日本重力データベース DVD 版，  
<https://iss.ndl.go.jp/books/R1000000002-I024461489-00>，2013.

産業技術総合研究所地質調査総合センター：20 万分の 1 日本シームレス地質図 V2，データ更新日：2020 年 4 月 6 日，<https://gbank.gsj.jp/seamless/v2.html>，2020.

田中俊行，東濃地震科学研究所の重力異常データの現状，東濃地震科学研究所報告 No. 23，93-100，2009.

東濃地震科学研究所，屏風山断層調査研究委員会報告書，No. 5，2001.

Wakai, A, S. Senna, K. Jin, A. Yatagai, H. Suzuki, Y. Inagaki, H. Matsuyama, H. Fujiwara, Modeling of Subsurface Velocity Structures from Seismic Bedrock to Ground Surface



in the Tokai Region, Japan, for Broadband Strong Ground Motion Prediction, Journal of Disaster Research, Vol.14, No.9, pp. 1140-1153, 2019.