

MeSO-netの観測データから地表の揺れを推定する試み The trial which presupposes the surface ground motion using an underground seismograph; MeSO-net

酒井 慎一^{1*}; 中川 茂樹¹; 平田 直¹
SAKAI, Shin'ichi^{1*}; NAKAGAWA, Shigeki¹; HIRATA, Naoshi¹

¹ 東京大学地震研究所

¹Earthquake Research Institute, University of Tokyo

東京大学地震研究所では、文部科学省委託研究事業「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト（平成19年～23年）」を受託し、首都圏に296ヶ所の地震計を設置した。この地震観測網（MeSO-net）は、地表の雑振動を避ける目的で、地下20メートルに地震計を設置している。そのため、この観測から得られるゆれは、地表のゆれとは異なっている。そこで、地下の地震計で観測された記録を用いて、地表におけるゆれを推定することを試みた。

まず、MeSO-netが設置されている地点で、その直上で臨時観測を行って有感地震を観測し、それらの差を計測震度相当値で比較してみた。その結果、弥生観測点では、地表の方が1.0程度大きくなった。別の観測点で同様のことを行うと、その差は0.5～1.5程度でばらつきがあり、それぞれの地盤構造を反映しているものと考えられ、地震の規模、周期、震源位置による違いも考慮する必要がある。さらに、すべての観測点における臨時観測で、有感地震を観測することは大変である。そこで、短期間の臨時観測で雑微動記録を得て、その比較から揺れの差を推定することを試みたので紹介する。その際に、文部科学省委託研究事業「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト（平成24年～28年）」でMeSO-net近傍に設置した地表面観測記録も利用した。

キーワード: 地動, 首都圏地震観測網

Keywords: ground motion, MeSO-net

最大振幅を使った関東地方の減衰構造 Attenuation Structure beneath Kanto Region using Maximum Amplitude

関根 秀太郎^{1*}; 武田 哲也²; 笠原 敬司¹
SEKINE, Shutaro^{1*}; TAKEDA, Tetsuya²; KASAHARA, Keiji¹

¹(公財) 地震予知総合研究振興会, ²(独) 防災科学技術研究所

¹Association for the Development of Earthquake Prediction, ²National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

はじめに

地球内部の構造を見る上で、速度構造だけでなく減衰構造の推定をする事は、物質の弾性的な面だけでなく、非弾性の効果を考える事ができる点で重要であると考えられる。特に関東地方においては、複雑なプレート構造や地震発生地域などがあるため、これらの地域的特徴を見る事は有意義である。また、減衰構造は振幅分布にも影響を与える為、震度推定等にも役立てると考えられる。減衰構造を求める上ではいろんな手法があるが、本研究では、最大振幅を用いた減衰構造を求めるものとする。以前にも同様の手法で推定したが、計算機の制約等により、少ない波線数でしか計算出来なかった。また、関東地域のみに対してグリッドおよび震源や観測点を設定し、計算を行っていた為、領域の端の部分の解像度が悪かった。そこで今回は、解析全体の領域を大きく取る事により、ターゲットとなる関東地域にかかる波線本数を増やして解像度が上がるような解析を行った。

データおよび解析手法

2004年1月から2009年2月までの全国で発生した11,766個の地震に対して、防災科研Hi-netで読まれたデータのうち、P波またはS波の各2秒以内の最大振幅をそれぞれデータとした。この処理により、波線数は、P波552,935本、S波393,052本である。

グリッドは、関東地域は、水平方向に0.1度深さ方向に5kmのグリッドを取って計算を行った。なお、その他の地域のグリッドは、深さ方向は同じように切っているが、水平方向0.5度刻みである。

解析結果

以前に行った解析に比べて、チェッカーボードテスト等の結果を見ても非常に良くなった。フィリピン解プレートなどの大規模構造だけでなく、よい細かな部分まで求められていると思われる。これは、以前に比べて期間が伸びた為にデータの本数が増えただけでなく、周囲からの波線の通り具合が良くなった事による影響が大きいと思われる。

キーワード: Q, 減衰構造, 関東地方

Keywords: Q, Attenuation Structure, Kanto Region

A highly attenuative zone beneath the Tokyo Metropolitan area. A highly attenuative zone beneath the Tokyo Metropolitan area.

PANAYOTOPOULOS, Yannis^{1*}; HIRATA, Naoshi¹; SAKAI, Shin'ichi¹; NAKAGAWA, Shigeki¹; KASAHARA, Keiji²
PANAYOTOPOULOS, Yannis^{1*}; HIRATA, Naoshi¹; SAKAI, Shin'ichi¹; NAKAGAWA, Shigeki¹; KASAHARA, Keiji²

¹Univ. Tokyo, ERI, ²Assoc. Develop. Earthquake Prediction

¹Univ. Tokyo, ERI, ²Assoc. Develop. Earthquake Prediction

The material properties of the complex subduction zone beneath the Tokyo Metropolitan area can be estimated by the seismic attenuation Q of seismic waves observed at local seismic stations. Previous studies have provided us only with the large scale attenuation structure for all Japan (Jin & Aki, 2005; Nakamura et al., 2006; Edwards & Rietbrock, 2009) or only for the shallow part inside the Kanto basin (Kinoshita, 1994; Yoshimoto & Okada, 2009). In this study we aim to derive a detailed picture of the attenuation structure in the crust and upper mantle beneath the Kanto basin. The waveform data used in this study are recorded at the dense seismic array of the Metropolitan Seismic Observation network (MeSO-net). The station network is distributed on five lines with an average spacing of 3 km and in an area with a spacing of 5 km in the central part of Kanto plane. The 296 MeSO-net stations are equipped with a three-component accelerometer at a bottom of a 20-m-deep borehole, signals from which are digitized at a sampling rate of 200 Hz with a dynamic range of 135 dB. The attenuation of seismic waves along their path is represented by the t^* attenuation operator that can be obtained by fitting the observed seismic wave amplitude spectrum to a theoretical spectrum using an omega square source model. In order to accurately fit the spectral decay of the signal, only earthquakes that are recorded with intensity greater than 1 in the Japan Meteorological Agency (JMA) intensity scale are selected. The waveforms of 154 earthquakes were selected from the JMA unified earthquake list from January 1st 2010 to May 31st 2011. A grid search method is applied to determine the t^* values by matching the observed and theoretical spectra. The t^* data were then inverted to estimate a 3D Q_p structure under the Tokyo Metropolitan area, using a layered initial Q model. Grid points were set at 15 km spacing in the horizontal direction and with 10 km spacing at depth. We implemented the 3D velocity model estimated by Nakagawa et al., 2012 and in addition we set the initial Q values at 116 for the 0 km grids and to 400 for all the grids below them. The obtained model suggests average Q values of 50~100 inside the Kanto basin. Furthermore, a low Q zone is observed in the area where the Philippine Sea plate meets the upper part of the Pacific sea plate. This area is located at approximately 40 km depth, beneath the north-east Tokyo and west Chiba prefecture areas and is represented by Q values of 100~200. Earthquakes occurring on the Pacific plate pass through this low Q area inside the Philippine sea plate and are attenuated significantly. Combined with the detailed velocity structure beneath the Kanto basin, our results help us to understand the material properties of the subducting plates. The implementation of our findings in strong motion simulation studies could help towards a better understanding of the damage area of future earthquakes and mitigate the disaster of the affected areas.

キーワード: attenuation, tomography, MeSO-net

Keywords: attenuation, tomography, MeSO-net

2011年東北沖地震後の首都圏周辺断層にかかる応力への粘弾性的影響 Viscoelastic effects on stress on the active faults around the Tokyo metropolitan area after the 2011 Tohoku earthquake

橋間 昭徳^{1*}; Freed Andrew²; Becker Thorsten³; 佐藤 比呂志¹; Okaya David³; 水藤 尚⁴; 畑中 雄樹⁴; 松原 誠⁵; 武田 哲也⁵; 石山 達也¹; 岩崎 貴哉¹

HASHIMA, Akinori^{1*}; FREED, Andrew²; BECKER, Thorsten³; SATO, Hiroshi¹; OKAYA, David³; SUITO, Hisashi⁴; HATANAKA, Yuki⁴; MATSUBARA, Makoto⁵; TAKEDA, Tetsuya⁵; ISHIYAMA, Tatsuya¹; IWASAKI, Takaya¹

¹ 東京大学地震研究所, ² パーデュー大学, ³ 南カリフォルニア大学, ⁴ 国土地理院, ⁵ 防災科学技術研究所

¹Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, ²Purdue University, ³University of Southern California, ⁴Geospatial Information Authority of Japan, ⁵National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

日本列島域は東から太平洋プレート、南からフィリピン海プレートの沈み込みが起きていて、地下で相互作用を起こしている。2011年に起きたM9東北沖地震は震源域が南北約500 km、東西約200 kmにおよび、この地域のリソスフェア・アセノスフェア系に対し、広域にわたる変形をおよぼした。また、周辺での地震発生頻度も東北沖地震前に比べて大きく増加した。このように、日本列島域の地殻変動・地震活動に対して、東北沖地震の影響は非常に大きいので、この地震が周囲に引き起こす応力の時間変化を定量的に評価する必要がある。一方、地震後の地殻変動を起こすメカニズムとしては、震源域周辺での余効すべり、アセノスフェアの粘弾性的応力緩和などが考えられている。そこで本研究では、日本列島域の三次元的な地下構造がどのように2011年東北沖地震のすべりに影響するのか、そして、東北沖地震のすべりによって周囲にどのように応力が伝播するのかを調べた。

我々は、日本列島域の三次元的な地殻構造を取り入れた有限要素モデルを構築し、東北沖地震の震源域のすべりに対する変位応答関数を生成し、インバージョンによって地震時のすべり分布を求めた。観測データとしては、国土地理院による陸域のGPS観測データと海上保安庁による海域のGPS音響測距によるデータを用いた。モデル領域として4500 km × 4900 km × 600 kmの領域をとる。これは千島列島-マリアナ列島-琉球列島までを含む領域に対応する。プレート境界形状としては、地震活動などから求めた既存の研究を補間したものを用いた。地殻構造については、地殻の厚さを大陸側で一律に30 km、海洋側で6 kmという単純な構造であると仮定した。それより下のマントルでは、PREMモデルにしたがう弾性定数を与えた。またスラブではP波速度、S波速度が周囲よりそれぞれ5%大きいと仮定した弾性定数を与えた。モデル領域は5-100 kmの大きさの50万個の四面体メッシュによって分割した。地震時の変形に関しては、重力の影響は非常に小さかったので、この影響は無視した。インバージョンによって得られた東北沖地震のすべり分布をもとに、アセノスフェアの粘弾性緩和の効果を与えて、地震後の首都圏周辺の断層に与えるクーロン破壊応力変化を計算した。日本列島域の応力の時間変化を考える上で、現実的な地殻構造にもとづいて正確に地震時すべりを求めることは重要である。

キーワード: 2011年東北沖地震, クーロン破壊応力変化, 地殻構造, 活断層, 有限要素法, 粘弾性

Keywords: 2011 Tohoku earthquake, Coulomb failure stress change, Crustal structure, Active fault, Finite element modeling, Viscoelasticity

反射法地震探査・重力異常からみた首都圏の伏在断層の分布と構造 Distribution and structures of blind thrust faults beneath the Tokyo metropolitan area

石山 達也^{1*}; 佐藤 比呂志¹; 加藤 直子¹; 阿部 進²; 渡辺 英久³; 志賀 信彦³
ISHIYAMA, Tatsuya^{1*}; SATO, Hiroshi¹; KATO, Naoko¹; ABE, Susumu²; WATANABE, Hidehisa³; SHIGA, Nobuhiko³

¹ 東京大学地震研究所, ² 地球科学総合研究所研究開発部, ³ 三井金属資源開発株式会社

¹Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ²R&D Department, JGI, Inc, ³Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd.

近年増加しつつある深部構造探査データによって、首都圏にはいくつかの伏在断層が分布することが分かってきた。これらの中には、地形的な表現は微弱であり、これまで存在そのものが知られていなかったか、活断層として扱われてこなかったものもある。これらの構造は、活動的なものであっても長期的なすべり速度は非常に小さいと考えられるが、ひとたび活動すれば甚大な被害を首都圏にもたらす可能性がある。このようないわゆる活動度C級以下の低活動度の断層については、活動性に関するデータを得ること自体が容易ではないため、過去の活動履歴などに基づく地震発生予測を行うことが困難である。したがって、従来の地形地質学的手法からは第四紀後期の活動性に関する証拠に乏しい構造についても、可能な限りその分布や過去の活動に関する情報をまとめることは、首都圏の直下型地震に関するテールリスクを考える上で有用であろう。Ishiyama et al. (2013) では、反射断面と周辺地域の新生代層序の対比の結果に基づき、大宮台地や武蔵野台地縁辺部に分布する伏在断層の深部形状について検討を行った。本研究では、深部構造探査データに加えて、重力異常等のデータに基づき、より詳細な関東平野南部に分布する伏在断層の深部形状について検討を行った。大大特・北関東測線の深部構造探査の結果(佐藤ほか, 2010)によると、北関東測線が延びる青梅から春日部にかけての区間では、地下に半地溝構造(ハーフ・グラベン)がいくつか認められる。これらは、既往の反射断面で見出された、前期-中期中新世の半地溝構造と同時期に形成されたと考えられる。このうち、綾瀬川断層については、東傾斜と西傾斜の正断層2条が大宮台地の地下に存在し、このうち西傾斜の正断層が最近の地質時代に逆断層として再活動したものとみられる。また、野田隆起帯(貝塚, 1987)と大宮台地の西側にあたる武蔵野台地北東縁部の地下にも半地溝構造が認められ(Ishiyama et al., 2013)、いずれも鮮新世から更新世にかけて反転した可能性がある。これに対応して、深層ボーリング等に基づく武蔵野台地?東京低地の断面から地下に上総層群上部の撓曲構造が伏在するとされる(遠藤・中村, 2000)。一方、より最近の変動については、武蔵野台地の段丘地形が北東向きの傾動を受けているとする考え(貝塚, 1957)がある。貝塚(1957)は武蔵野台地の傾動をその北東縁部全体に認めているが、ブーゲー重力異常の一次微分を見る限り、ハーフグラベンは武蔵野台地北東縁部全体には連続せず、長さ20kmほどに限られる。したがって、武蔵野台地北東縁部の傾動がこのような正断層の反転によって形成されているとしても、複数の雁行する伏在断層の活動による可能性が高い。これらの結果は、関東平野南部においては中新世に形成されたハーフグラベンの再活動が広汎に認められることを示しており、地球物理学的手法により平野下に伏在するハーフグラベンの分布や構造を把握することが、伏在断層の検出する上で一つの鍵となると考えられる。ただし、ハーフグラベンが全て再活動しているわけではなく、再活動の証拠やその地質時代の検討をあわせて行う必要がある。このほか、活動的な証拠には乏しいものの、地下構造データによってその存在が推定される首都圏の伏在断層の構造的な特徴についても紹介する。

1703年元禄関東地震における東京湾内の津波被害 Tsunami damage in Tokyo Bay from the 1703 Genroku Kanto Earthquake

村岸 純^{1*}; 佐竹 健治¹
MURAGISHI, Jun^{1*}; SATAKE, Kenji¹

¹ 東京大学地震研究所

¹Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

元禄関東地震は、元禄十六年十一月二十三日(1703年12月31日)に相模トラフ沿いで発生した巨大地震である[宇佐美ほか(2013, 日本被害地震総覧)]. 外房地域における元禄地震の津波に関しては、羽鳥(1975, 1976, 地震研彙報)や古山(1982, 1983, 1987, 私家版)など、津波犠牲者の供養碑や寺院の過去帳などを調査した研究があるほか、都司(2003, 歴史地震)は集落別の流失家屋数を明らかにしている。

東京湾内の津波に関して羽鳥(2006, 歴史地震)は、東京湾内の津波の高さは船橋で2mと報告している。この値は、東京湾内における津波の最大高さとして、被害想定などでも利用されているが、その具体的根拠や研究に使用した史料名が明らかにされていない。一方、『1703元禄地震報告書』(内閣府, 2013)は、東京湾内の千葉県側海岸では津波の被害が全くなかった、と結論づけており、東京湾内における津波被害について再検討する必要がある。そこで既刊の地震史料集にある史料以外に津波の被害を記した史料がないか調査を行い、以下のような結果が得られた。

江戸市中へ元禄十七年(1704)四月に出された町触(三八四四)の史料中に「同夜八時過つなみ有之、内川一はいさし引四度有之」(『江戸町触集成 第二巻』)とある。内川(隅田川)がいっぱいになるほど波が来ており、4度ほど波の満ち引きがあったという。

『鸚鵡籠中記』(『新収日本地震史料 第二巻別巻』)には「永代橋津浪打潮七度進退す。翌廿三日諸海潮十二度満。」とあり波の満ち引きがあったことがわかる。『災変温古録』(『新収日本地震史料 第二巻別巻』)には、深川で津波から逃れようと茶船へ移動したところ、波が乗り上げ川へ転落してしまったことが書かれている。

千葉県側の記録では船橋市域での津波被害の記録がある。元禄地震の41年後に書かれた「佃島獵師入漁一件並びに御菜魚献納復活に付願書」(『船橋市史 史料編十』)には、「四十一年以前未年大地震二而舟あミ 諸道具等被押流、其上瀬ふた通り之藻草生不申寄魚無数御上肴不足仕旁以困窮仕候」とあり、漁船や網などの道具が津波で流され藻草が生えなくなり、魚が来なくなってしまい献上する魚が不足してしまっている。

「塩浜由来書」(『市川市史 第六巻上』)には「一元禄十六未年十一月廿三日夜大地震平岡三郎右衛門様御支配之節二而地形ゆり下ヶ塩浜海面塩除堤保チ不申荒浜致出来候」とある。元禄地震により土地が下がり、潮除けの堤防が壊れ塩浜が荒れてしまったことが書かれている。同史料には津波の記載はないが、元禄地震よりも前の延宝八年閏八月六日(1680年9月28日)に起きた、高潮の被害が書かれている。欠真間村内の地域では55人が流死したり、家財道具なども流失したりしたとある。延宝の高潮の被害は詳細に書かれているが、元禄津波の被害は記されていないことから津波の高さは23年前の高潮よりは低かったと推測される。

史料の調査から、東京湾奥地域にも津波が来ており被害があったことが明らかになった。今後、史料調査を進め東京湾内での津波被害の復元を行っていく。

謝辞

本研究は文部科学省受託研究「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」の一環として実施された。

キーワード: 1703年元禄関東地震, 歴史地震, 津波

Keywords: the 1703 Genroku Earthquake, Historical earthquakes, Tsunami

首都圏地震観測網の新たな展開 A new direction of the MeSO-net

平田直^{1*}; 酒井慎一¹; 中川茂樹¹; 笠原敬司²; 木村尚紀³; 本多亮⁴

HIRATA, Naoshi^{1*}; SAKAI, Shin'ichi¹; NAKAGAWA, Shigeki¹; KASAHARA, Keiji²; KIMURA, Hisanori³; HONDA, Ryou⁴

¹ 東京大学地震研究所, ² 地震予知総合研究振興会, ³ 防災科学研究所, ⁴ 神奈川県温泉地学研究所

¹Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, ²ADEP, ³NIED, ⁴Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

我々は首都圏に296箇所の中感度地震観測点からなる首都圏地震観測網 (Metropolitan Seismic Observation network: MeSO-net) を文部科学省受託研究「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト: サブプロジェクト①首都圏周辺でのプレート構造調査, 震源断層モデル等の構築等 (2007-2011年度)」によって整備し, 同「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト: サブプロジェクト①首都直下地震の地震ハザードリスク予測のための調査・研究」(2012 - 2016年度) によって維持・管理している。この観測網の特徴は, 多点の広帯域加速度計からの信号を連続で収録していることにある。そのために, 自律協調型のデータ転送手順 (ACT) (森田他, 2010) を開発して, 比較的低コストの通信回線に確実に高品質のデータを取得できるようにした。都市部での人工雑音レベルが高いので, 20mの浅層観測井戸の孔底にセンサーを設置して地表起源の雑音の低減を計ったが, 通常地震観測から比べると信号対雑音比は悪く, 測器そのもののダイナミックレンジは大きくとも, 実質的な記録の質は良くない。しかし, 平均観測点間隔を5km程度に稠密にすれば, 大都市部の浅層地震観測によっても, 地震学的に意味のあるデータの取得が可能であることが示された (Nakagawa et. al., 2011; Panayotopoulos et. al., 2013)。

現時点では, 気象庁一元化震源に基づいて記録の編集処理を行い, P波, S波の到着時刻の読み取りを検測者が行うことにより, トモグラフィー解析に用いる到着時刻データを作りだしている。しかし, 本来は, MeSO-netのデータだけで地震判定を行って検出処理を行うことが望ましい。MeSO-netの機能に, 自動的に地震を検出する機能と, 地震波相の読み取り機能を付けることができれば, 首都圏の地震活動や速度構造・減衰構造を求めるための大量のデータが得られる。さらに, 20mの孔底での記録から地表や建物の揺れを予測する機能を付加することによって, 準リアルタイムで地震を検知して, 建物の揺れを予測することができる。本講演では, 地震検知とP波, S波の検出および震源決定までを自動的に行うシステムの概要と, テスト結果を議論する。

キーワード: 首都圏地震観測網, 加速度計, 連続記録, 自律協調型通信手順, 自動地震検出, 地震波トモグラフィー

Keywords: MeSO-net, accelerometer, continuous recording, Autonomous Cooperative data Transfer, automatic event detection, seismic tomography

「都市機能の維持・回復に関する調査研究」の概要と射程 Overview of 'Maintenance and Recovery of Functionality in Urban Infrastructures'

中島 正愛^{1*}; 小鹿 紀英²; 梶原 浩一³; 野澤 貴¹
NAKASHIMA, Masayoshi^{1*}; KOSHIKA, Norihide²; KAJIWARA, Koichi³; NOZAWA, Takashi¹

¹ 京都大学防災研究所, ² 小堀鐸二研究所, ³ (独) 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター
¹ Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, ² Kobori Research Complex, ³ Hyogo EERC, NIED

「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」は3つのサブプロジェクトから構成されている。サブプロジェクト②「都市機能の維持回復に関する調査研究」は、平成17年4月から本格稼働した実大三次元震動破壊実験施設（Eーディフェンス）を効果的に活用し、「高層ビル等の都市の基盤をなす施設が完全に崩壊するまでの余裕度の定量化」と「都市の基盤施設の地震直後の健全度を即時に評価し損傷を同定する仕組みの構築」を達成することを目標としている。

国内観測史上最大規模の東北地方太平洋沖地震によって未曾有の大被害がもたらされ、震度5強以下であった首都圏においても、長時間にわたる長周期の揺れや湾岸域における液状化の発生、高層ビル等での什器類の転倒とエレベータ停止、ライフラインの長期間停止等によって、事業や生活の継続に支障を来し、現在の大都市が大災害に対していかに脆弱であるかが浮き彫りになった。首都直下地震や近い将来に発生が確実視される東海・東南海・南海地震などにおいて、大都市圏は今回以上の強震動に見舞われることに疑う余地はない。大震災からの教訓であるところの「想定を上回る地震動に対する対処」と「事業や生活の継続と速やかな回復」は極めて切実である。この二つの教訓に対する工学的見地からの処方箋として、「高層ビル等都市の基盤をなす施設が完全に崩壊するまでの余裕度の定量化」と「都市の基盤施設の地震直後の健全度を即時に評価し損傷を同定する仕組みの構築」を、本サブプロジェクトの射程とした。

本サブプロジェクトの研究実施体制は、先駆的研究の適切な進捗と成果の速やかな実装の必要性に鑑みて、産学官が密接に連携する組織とし、以下の三つの個別研究テーマを軸として詳細な検討を実施している。

- (1) 高層建物の崩壊余裕度定量化に関する研究開発
- (2) 建物の健全度モニタリングに関する研究開発
- (3) 地盤－基礎－建物系の応答評価とモニタリングに関する研究開発

2013年12月には、世界最大規模となる鉄骨造18層建物の1/3縮小試験体を対象に、試験体が崩壊に至るまでの挙動を検証する振動台実験を実施した。本論においては、本サブプロジェクトを紹介するとともに、実験結果の速報を報告する。



鉄骨造試験体
の最終崩壊形

都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査研究 Urban Resilience

林 春男^{1*}
 HAYASHI, Haruo^{1*}

¹ 京都大学防災研究所
¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

With a high probability in the first half of 21st century, Nankai Trough earthquakes will cause a tremendous amount of damage and losses which might exceeds Japanese national annual budget. In addition, we might take into account the possible occurrence of Tokyo Metropolitan earthquake which may cause a serious threat to our national security. It is virtually impossible to complete all the works needed to prevent those possible damage and losses due to these mega earthquakes before they will happen. It means that we need to develop a science and technology to minimize the resulting damage and losses due to these mega scale earthquake disasters and to realize high disaster resilience for quick and steady recovery based on the lessons taken from past earthquake disasters including 3.11 Tohoku Earthquake and Tsunami Disaster in 2011.

Recent progress in information and communication technology such as internet and mobile device with GPS should be adapted for effective disaster response and recovery. In this project, we will develop two ICT based system for creating common operational pictures among stakeholders. First system will be web-GIS system to provide an informational platform in which various kinds of information provided from seismology to social psychology will be mashed up for creating a new value. Second system will be Micro Media Service which will provide the information selected for each uses to meet their needs.

It is our ultimate goal to improve disaster preparedness of each individual who might be function as disaster response personnel or disaster victims. We will develop a Web portal site named as Disaster Literacy Hub to provide educational materials prepared for all disciplines related for earthquake disaster reduction based on the theory of instructional design.

All the academic achievements will be presented through the website shown below:



首都圏における過去の大地震—将来の発生確率や被害の予測へ向けての課題— Past large earthquakes beneath metropolitan Tokyo: Issues for estimation of occurrence probability and disaster

佐竹 健治^{1*}; 石辺 岳男¹; 村岸 純¹
SATAKE, Kenji^{1*}; ISHIBE, Takeo¹; MURAGISHI, Jun¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

首都圏で過去に発生し、将来も発生する地震のタイプとしては、相模トラフ沿いのプレート間地震 (M8 クラス) と南関東直下の地震 (M7 クラス) が挙げられる。1923 (大正十二年) 年 9 月 1 日の大正関東地震 (M 7.9), 1703 年 12 月 31 日 (元禄十六年十一月二十三日) 関東地震 (M 8.2 程度) は前者の例であり、1855 年 11 月 11 日 (安政二年十月二日) 安政江戸地震 (M7.0 程度) が後者の例である。

相模トラフ沿いのプレート間地震については、最近、内閣府や地震調査委員会によって震源域が見直され、最大規模は M 8.6 程度に達し、1703 年元禄関東地震がほぼこれに匹敵するとされた。元禄関東地震の前の関東地震についてはよく知られていなかったが、津波堆積物調査などから 1293 年 5 月 20 日 (ユリウス暦) 正応六・永仁元年四月十三日の地震が関東地震であったとされている (Shimazaki *et al.*, 2011, JGR)。さらに、これまで明応七年 (1498 年) の南海トラフの地震の誤記とされてきた 1495 年 9 月 3 日 (明応四年八月十五日) の地震が相模トラフの地震であった可能性も指摘されている (金子, 2012, 伊東市研究)。歴史資料や津波堆積物の研究によって関東地震の履歴が明らかになりつつあるが、それぞれの地震の震源域や国府津—松田断層の地震との連動性など、繰り返すプレート間地震の多様性を調べる必要がある。

首都圏直下の地震として、以前はフィリピン海プレートの上面における「東京湾北部地震」が想定されていたが、2013 年の内閣府の想定では、フィリピン海プレート内部に震源を持ち、安政江戸地震と同じような震度分布をもたらすものが想定地震として使われた。安政江戸地震の震源については歴史資料に基づく被害・震度分布から検討され、地殻内地震から深さ 100 km 程度の太平洋プレート内部の地震まで、様々な可能性が指摘されている。関東地域における震度分布は地下構造・地盤構造の影響を強く受けるため、安政江戸地震の正確な地震像の解明には、最近の地震との比較や最新の 3 次元地下構造モデルによるシミュレーションなどが必要であろう。

南関東の M7 クラス地震について地震調査委員会 (2004) は、1885 年以降に発生した 5 個の M7 クラスの地震 (1894 年 6 月 20 日明治東京地震, 1895 年 1 月 18 日茨城県南部の地震, 1921 年 12 月 8 日茨城県南部の地震, 1922 年 4 月 26 日浦賀水道付近の地震, ならびに 1987 年千葉県東方沖の地震) に基づき、今後 30 年間における M7 クラスの地震の発生確率をポアソン過程に基づいて 70 %程度と推定した。これら 5 地震のうち、少なくとも 3 個 (1921 年, 1922 年, 1987 年の地震) はフィリピン海プレート内で発生した地震, 1895 年の地震は太平洋プレート内で発生した地震であることが明らかとなった (石辺・他, 2012, 予知連会報)。長期評価の高度化のためには、さらに長期間の地震について、歴史資料などに基づく調査を実施して、これらの震源・深さ・タイプを解明する必要がある。

キーワード: 首都圏, 歴史地震, 関東地震, 長期予測

Keywords: Tokyo Metropolis, historical earthquake, Kanto earthquake, long-term forecast

安政2年10月2日 (1855-XI-11)江戸地震の余震の発生経過について Activity change of aftershocks of the Ansei Edo earthquake of November 11th, 1855

都司 嘉宣^{1*}; 松岡 祐也²
 TSUJI, Yoshinobu^{1*}; MATSUOKA, Yuya²

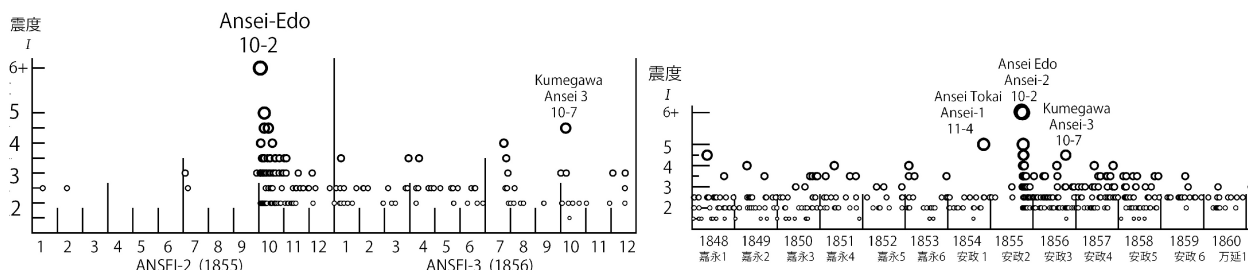
¹ 深田地質研究所, ² 仙台市博物館市史編纂室
¹Fukada Geolog. Inst., ²Editorial Room of Chronicle, Sendai City Museum

安政江戸地震は安政2年10月2日(1855年11月11日)の深夜23時頃、江戸近傍の直下で起きた地震であるが、その発生場所やメカニズムなどの地震像については、いまだ詳細は解明されていない。その地震像の解明に資するべく、この地震の余震の発生経過を調べてみた。この当時の江戸の平常時の有感地震発生の日常的状態(バックグラウンド)が安政江戸地震の発生によってどのように変化したのかを見るために、安政江戸地震の7年前の嘉永元年(1848)から、本震発生後6年余りを経過した万延元年(1860)の年末までの13年間の、江戸を始めとする関東地方全体での有感地震のデータベースを作成した。当時江戸では、公的なものでは九段坂上の渋川家江戸天文台での記録「霊憲候簿」や、「寒暖晴雨升降記」に有感地震が記録されていた。また、神田雉子町(現在司町)の「斎藤月岑(げっしん)日記」、両国緑町で書かれた「津軽藩日記」など、この時期に江戸で有感地震が長期間にわたって記録された日記類が常時10種類以上存在した。また、徳川家康の墓所である日光では「社家御番所日記」、が公的な記録として記されていたほか、「大屋家日記」(市川市原木)、「吉野家日記」(流山市)、「星野半右衛門日記」(志木市)、「鈴木平九郎公私日記」(立川市)、「牧野家日記」(笠間市)、「新田家俊純日記」(太田市)、「大高家日記」(水戸市)など関東平野の各地点で日記史料が存在し、『日本地震史料』(武者, 1951)、『新収・日本地震史料(第5巻、補遺、続補遺)』(地震研, 1985, 1988, 1992)に掲載されている。これらの日記史料に基づいて、上記13年間に関東地方で有感地震のデータベースの電子的カード枚数は3,192件となった。この間に江戸で記録された有感地震の総数は543回であった。地震記録から江戸での震度の推定を行ったが、現行の気象庁震度に準拠して、家屋の広範囲の倒壊を震度6強、破損を震度5、小規模な破損を震度4ないし5(数値として4.5)とした。無被害の有感地震については、棚の物の落下、天水あふれ出し、「近年覚えぬ」と記されたもの、人々家屋から逃げ出す場合を4、「大地震」、「甚」などを3.5、「中地震」を3、単に「地震」と記された事例を2.5、「小地震」、「地震少々」などは2、「微震」、あるいは江戸全体で2人以下が「小地震」である場合を1.5とした。

地震の発生した安政2年の年初から翌安政3年末までの江戸での震度別有感地震数を左図、安政江戸地震(1855)を含む前後13年の地震数を右図に示す。安政江戸地震の狭義の余震は本震発生の9ヶ月後の安政3年6月頃まで継続し、それ以後は安政3年10月7日(1856年11月4日)の所沢地震など、関東地方各地で安政江戸地震の誘発地震(広義の余震)の時期が始まる。安政江戸地震の3年後の安政5年の末ごろにはこの時期も終了して、バックグラウンドノイズの時期に帰して行ったものと考えられる。

キーワード: 歴史地震, 首都直下の地震, 余震, 安政江戸地震

Keywords: historical earthquake, earthquake in metropolitan zone, aftershocks, the 1855 Ansei Edo Earthquake



近年の地震に対する S-P 時間・初動の整理とそれらに基づく 1921 年茨城県南部・1922 年浦賀水道付近の地震の地震像 Compiling S-P times and first motion polarities for recent eqks and classification of the 1921 and 1922 eqks

石辺 岳男^{1*}; 佐竹 健治¹; 村岸 純¹; 鶴岡 弘¹; 中川 茂樹¹; 酒井 慎一¹; 平田 直¹
ISHIBE, Takeo^{1*}; SATAKE, Kenji¹; MURAGISHI, Jun¹; TSURUOKA, Hiroshi¹; NAKAGAWA, Shigeki¹; SAKAI, Shin'ichi¹; HIRATA, Naoshi¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

明治・大正期に関東ならびにその周辺域において気象官署（気象大学を含む）によって設置、観測が行われていた 21 観測点（水戸・柿岡・筑波山・宇都宮・足尾・前橋・熊谷・秩父・柏・銚子・勝浦・富崎・館山・東京・八丈島・横浜・横須賀・沼津・松本・甲府・浜松），ならびに東京帝国大学による 5 観測点（本郷・一ツ橋・筑波・鎌倉・三崎（油壺））と対比される 69 観測点を対象として、気象庁検測値（1923 年～2011 年）中の S-P 時間ならびに初動の分布を整理した。また、同様に 19 の首都圏地震観測網（MeSO-net）あるいは既存観測点で検測された 3,086 地震（2008 年 4 月 1 日～2012 年 6 月 5 日）に対する S-P 時間・初動を整理した。

本研究で整理した S-P 時間・初動は、計器観測時代初期に発生した顕著地震に対するそれらとの比較から、震源・発震機構解の推定あるいは類型化に活用が期待される。本研究ではその一例として、茨城県南西部、千葉県北西部ならびに浦賀水道付近の地震に対する各観測点での S-P 時間と初動の特徴を整理し、1921 年茨城県南西部の地震（M7.0）ならびに 1922 年浦賀水道付近の地震（M6.8）に対する S-P 時間・初動と対比した。茨城県南西部にはフィリピン海プレート（PHS）と太平洋プレート（PAC）の沈み込みに伴うプレート間地震が活発なクラスターが存在するが、1921 年茨城県南部の地震に対する初動はこれらの地震に対する発震機構解と不調和である。また、1922 年浦賀水道付近の地震に対する初動ならびに S-P 時間と、近年の地震に対するそれらとの比較から、1922 年の地震は千葉県南西部から浦賀水道に至る一帯で発生した、横ずれ型の発震機構解を持つ PHS 内部地震であった可能性が示唆された。

日本における近代計器観測は 1870 年代半ばに始まり、煤書きの波形記録や検測値、被害記録等が収集・保管されている。その後の焼失等のため不完全ではあるものの、これらは計器観測時代初期に発生した地震に関する貴重な資料として地震像の解明に活用されてきた。計器観測時代初期に発生した地震の震源・発震機構解の推定あるいは類型化は、気象庁による震源カタログ（1923 年 1 月 14 日～）以前の地震活動を議論するうえで重要な課題であり、特に関東地方はこの時期、1923 年大正関東地震（M7.9）発生前の数十年間にあたる。しかしながら、近年の地震に対する震源・発震機構解の推定手法をそのまま計器観測時代初期に発生した地震に適用するにはいくつかの困難が伴う。稠密観測網が構築された近年に発生した地震に対する S-P 時間や初動と比較することで、計器観測時代初期に発生した地震の震源・発震機構解を従来よりも高精度で推定できる可能性がある。

謝辞

本研究では気象庁総合検測値ならびに首都圏地震観測網（MeSO-net）検測値を使用させて頂いた。また防災科学技術研究所による F-net モーメントテンソル解、ならびに気象庁によるメカニズム解を使用させて頂いた。射出角・方位角の計算には HASHv2 (Hardebeck and Shearer, 2002) を使用させて頂いた。ここに記して感謝する。なお本研究は文部科学省受託研究「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」の一環として実施された。

キーワード: S-P 時間, 初動, 1921 年茨城県南部の地震, 1922 年浦賀水道付近の地震

Keywords: S-P time, first motion polarity, 1921 Ibaraki-Ken-Nambu earthquake, 1922 Uruga-Channel earthquake

神奈川県における関東大震災の慰霊碑・記念碑・遺構調査 (1) 県中部 Field Survey for the Memorial Matters from the 1923 Great Kanto Earthquake in Central Kanagawa Prefecture

武村 雅之^{1*}
TAKEMURA, Masayuki^{1*}

¹ 名古屋大学減災連携研究センター
¹ Disaster Mitigation Research Center, Nagoya-Univ.

関東大震災の研究は震災直後に被害調査を含む多くの研究がなされたあと、1990年代から2000年にかけて武村らを中心として、地震計による地震記録の発掘と解析による本震・余震の解明、被害データの整理分析による詳細震度分布の評価などが行われた。また東京両国の被服廠跡の火災による大量死や小田原市根府川・米神における土砂災害など関東大震災を構成する個々の大惨事についても実態解明にあたってきた [武村 (2009)]。一方、市民がより身近なものとして関東大震災を理解し防災意識の向上に役立てるべく、当時の人々が記した日記などに科学的な解説を加えることによって、体験談のもつ臨場感と科学的客観性を融合させ時代を超えて震災を理解できるようにする取り組みも行ってきた [武村 (2005、2008)]。

さらに現代人が震災を日常的に意識するために有効なものとして、様々なところに人知れず建つ慰霊碑や記念碑や震災の爪痕を残す遺構などがあることに目を付けた。関東大震災の慰霊碑や記念碑については力武 (1994-1997)、神奈川県立歴史博物館 (2003)、上西 (2012) や Web サイト「関東大震災の跡と痕を訪ねて」などでも紹介されている。各自治体の教育委員会などによる石造物調査もある。しかしながらこれらの調査結果はそれぞれ限定的であり誤りも多く、震災を生き抜いた当時の人々の意思を知り、現代人に震災を伝えるには不十分であると判断した。このため、従来の調査結果をすべて踏まえさらに調査対象を広げ、正確を期すため全ての対象物の現地調査を行うことにした。

武村 (2012) による『関東大震災を歩く』吉川弘文館では、東京都 23 区内を対象として、震災の慰霊碑、記念碑、多くの犠牲者が出た場所や逆に多くの避難者の命を救った場所の現在の様子、震災で破壊された跡またはその再生を伝えるもの、復興過程で生まれた建物や施設、震災後の帝都復興事業による土地区画整理で郊外へ移転を余儀なくされた多くの寺院、さらには関東大震災以前から江戸・東京をたびたび襲った自然災害についての記念碑や遺構も調査しまとめた。調査地点は 180 カ所、対象物は 260 にのぼった。

今回その調査を神奈川県下 (静岡県伊豆地方も含む) に広げた。神奈川県を西部、中部、東部の 3 地域に分け、初年度として相模川を挟む中部の現地調査を終えた。慰霊碑 38、記念碑 65、その他エピソードを伝えるもの 16、消滅したものの 6、他の災害 1 の合計 126 を対象とした。この調査は今後 2 年間続け毎年結果をまとめる予定である。単純推定で県下の対象物は 400 近くにのぼるとみられる。現状の調査結果はすでに防災講演会や市民向け現地ツアー、文書館や博物館、防災団体へのデータ提供などの形で活用を進めている。

史上最悪の自然災害である関東大震災の慰霊碑・記念碑や被害の実態を今に伝える遺構、ならびに復興の記念物などを通じて、当時の人々の意志を受け止める。そのことを通じて現代社会に生きる人々の震災への理解を深め、防災意識の向上に繋げること。それこそが本調査研究の究極の目的である。本研究調査は JSPS KAKENHI 25350496 の助成を受けたものである。

キーワード: 慰霊碑・記念碑, 関東大震災, 神奈川県
Keywords: memorial tower, Great Kanto Earthquake, Kanagawa Prefecture

メガスラスト直下のスラブ構成岩石：伊豆衝突帯 Composition of the subducted slab beneath Izu collision zone, Japan

石川 正弘^{1*}
ISHIKAWA, Masahiro^{1*}

¹ 横浜国立大学環境情報研究院

¹ Graduate School of Environment Information Sciences, Yokohama National University

フィリピン海プレートは本州の下に沈み込む。しかし、フィリピン海プレートの東縁には伊豆小笠原マリアナ弧が存在するために、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う関東周辺のテクトニクスは複雑になっている。南関東の東部（房総半島や三浦半島周辺）では付加体が発達する一方、南関東の西部（丹沢山地等）では伊豆小笠原弧の地殻物質が大規模に衝突付加している（伊豆衝突帯）。フィリピン海スラブ上面は関東地震震源断層に相当する可能性が高く（Sato et al., 2005）、伊豆衝突帯は大正関東地震の震源域であったと推測されている。したがって、フィリピン海プレートと陸側プレートの接合部周辺の地殻の構成物質と物性を推測することは、首都直下地震を考察する上でも重要である。今回の発表では、岩石の弾性波速度実験と岩石の鉱物組み合わせの相平衡計算の結果に基づき、伊豆衝突帯直下のスラブ構成岩石を検討した。

フィリピン海プレート東縁に分布する伊豆小笠原弧の地殻構成は伊豆衝突帯の地殻構造を理解する上で重要な鍵となる。本研究では最初に弾性波速度測定実験から得られた丹沢山地等に産する深成岩類の P 波速度と Suyehiro et al. (1996) の北部伊豆小笠原弧の P 波速度構造を比較した。その結果、トータル岩の P 波速度は伊豆小笠原弧中部地殻の P 波速度と同程度であり、トータル岩が伊豆小笠原弧中部地殻の主要構成岩石であると推測した。また、角閃石はんれい岩とガブローライトの P 波速度と伊豆小笠原弧で得られた P 波速度を比較すると、下部地殻上層の主要構成岩石として角閃石はんれい岩を、また、下部地殻の主要構成岩石として角閃石輝石はんれい岩やガブローライトが推測された。伊豆小笠原弧の構成岩石モデルと Sato et al. (2005) の伊豆衝突帯の地殻構造を総合的に解釈すると、伊豆小笠原弧の下部地殻（角閃石はんれい岩等の苦鉄質岩石）は熱いスラブ（熱い下部地殻）として沈み込んでいると推測される。丹沢山地のはんれい岩の化学組成を用いて岩石の鉱物組み合わせの相平衡計算を Theriak-Domino を用いて計算した結果、熱いスラブの沈み込みに伴い含水鉱物である角閃石の脱水は 30 km 以浅で脱水してしまうと考えられる。スラブの脱水によって脱水脆性化を引き起こすと期待されるが、実際に丹沢山地下では微小地震が沈み込むスラブ内で発生している。一方、丹沢山地北部や関東山地ではスラブ内の微小地震がほとんど発生していないことも、脱水反応によってグラニュライトに相転移した非震性スラブとして解釈できる。

キーワード: 衝突帯, スラブ
Keywords: collision zone, slab

五ヶ所湾における安政東海地震津波 (1854) の津波高 Tsunami Heights of the 1854 Ansei-Tokai Earthquake Tsunami in Gokasho Bay Region, Mie Prefecture

鳴橋 竜太郎^{1*}; 佐竹 健治¹
NARUHASHI, Ryutaro^{1*}; SATAKE, Kenji¹

¹ 東京大学地震研究所
¹ Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo

The Kumano-nada Sea coastal area has been repeatedly attacked by tsunamis from the Nankai Trough subduction-zone earthquake. For historical tsunamis, since this area is close to Kinki region, many historical records exist. For the recent 1944 Showa-Tonankai earthquake tsunami and the 1854 Ansei-Tokai earthquake tsunami, not only historical records and monuments but also many folklores still remain. However, the 1944 Showa Tonankai earthquake tsunami has a comparatively small scale, and is unsuitable for examining the average scale about the tsunami from the Nankai Trough. Based on above-mentioned reason, we studied for the 1854 Ansei-Tokai earthquake tsunami.

Gokasho Bay is a blockade inner bay which has typical ria coasts and drowned valleys. It is located in central Kii Peninsula and faced with the Nankai Trough. In this bay area, measurement points of the tsunami height for the 1854 Ansei-Tokai earthquake tsunami and the data on height were mainly based on historical records and oral traditions. In particular, in Konsa district, it is based on the words of the Bon festival dance currently kept in there called "Shongai kudoki" or "Tsunami kudoki". Tsunami heights were measured by level measurement using laser range finder TruPulse360 and a hand level on the basis of the spot elevation given by 1/2500 topographical maps.

As a result, a total of 40 points of tsunami height were obtained in Gokasho Bay region. The average inundation height of whole bay area was approximately 4 - 5 m.

In Konsa, located in the most closed-off section of the bay, dendritic valley plains which have small-sized rivers spread. According to distribution of both inundation and run-up points by this research, it is supposed that tsunami ran-up to every valleys of those. Tsunami heights in Konsa ranged 4 - 11 m, and were higher than those in other districts. The maximum run-up height was 11.5 m in the valley of Ushirogochi.

キーワード: 五ヶ所湾, 安政東海地震津波, 津波高, 遡上高, 浸水高

Keywords: Gokasho Bay, 1854 Ansei-Tokai Earthquake Tsunami, tsunami height, run-up height, inundation height

JUNEC 初動メカニズム解カタログの公開 Publication of the Japan University Network Earthquake Catalog of First-Motion Focal Mechanisms (JUNEC FM²)

石辺 岳男^{1*}; 鶴岡 弘¹; 佐竹 健治¹; 中谷 正生¹
ISHIBE, Takeo^{1*}; TSURUOKA, Hiroshi¹; SATAKE, Kenji¹; NAKATANI, Masao¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

国立大学観測網地震カタログ (JUNEC) の P 波初動ならびに HASH (Hardebeck and Shearer, 2002) に修正を加えたプログラムを用いて、1985 年 7 月から 1998 年 12 月までに日本で発生した 14,544 個の地震のメカニズム解を推定し、JUNEC 初動メカニズム解カタログ (JUNEC FM²) として公開した。JUNEC は東京大学地震研究所による ftp サイト (<ftp://ftp.eri.u-tokyo.ac.jp/pub/data/junec/hypo/>) に、初動メカニズム解カタログは (<ftp://ftp.eri.u-tokyo.ac.jp/pub/data/junec/mech/>) にそれぞれ公開されている。東京大学地震研究所は、1985 年 7 月から 1998 年 12 月まで国立大学により運営されてきた地震予知観測情報ネットワークで得られた検測データを統合処理し、JUNEC を公開してきた。その地震数は約 190,000 個に及ぶ。

このカタログは稠密地震観測網・自動波形データ転送システムの発展前の期間に発生した微小地震 (M2.0 以上) に対するメカニズム解を豊富に含むため、当時の起震応力場の解明などに有効な情報となり、また近年の地震のメカニズム解と併せることで時空間的な起震応力場の不均質を議論することが可能になると考えられる。豊富な数から統計的な解析にも有用であろう。ただし、推定されたメカニズム解の分布は、観測網の展開ならびにそれぞれの観測点における初動報告率 (初動報告数 / 検測数) を反映して、時空間的に不均質であることに留意する必要がある。本研究で推定されたメカニズム解は、防災科学技術研究所で決定された F-net モーメントテンソル解や、気象庁による初動メカニズム解と大局的に調和的であるが、顕著に異なる地震も若干見られる。

日本では、1995 年兵庫県南部地震 (気象庁マグニチュード 7.3) 以降に高感度地震観測網 (Hi-net) が展開され、豊富な初動メカニズム解が推定されるようになった。また 1997 年以降、広帯域地震観測網 (F-net) の展開ならびにデータ転送システムの向上によって防災科学技術研究所によりモーメントテンソル解が決定・公開されている。これらのメカニズム解は断層構造や地域的な起震応力場の理解に活用されている。一方で、これらの地震観測網が展開される前に発生した地震に対するメカニズム解カタログは非常に限られる (例えば Ichikawa, 1961, 1971)。2011 年東北地方太平洋沖地震 (気象庁によるモーメントマグニチュード 9.0) の発生後に、特に震源域およびその周辺においてメカニズム解分布が顕著に変化したことが報告されており、このことは起震応力場が時間的に変化した可能性を示唆する。したがって、可能な限り遡って地震のメカニズム解を決定し、カタログ化することは中長期的かつ時空間的なメカニズム解あるいは起震応力場の不均質を解明するうえで重要である。

謝辞: メカニズム解の推定には HASH (Hardebeck and Shearer, 2002) に修正を加えたものを使用させて頂いた。また、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学地震研究所、名古屋大学、京都大学防災研究所、高知大学、九州大学、鹿児島大学の観測網で観測された検測値、ならびに防災科学技術研究所、気象庁が決定したメカニズム解を使用させて頂いた。ここに記して感謝申し上げる。なお、本研究の一部は科学技術振興費「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」の一環として実施された。

キーワード: 初動メカニズム解, 国立大学観測網地震カタログ (JUNEC)

Keywords: first-motion focal mechanism solution, Japan University Network Earthquake Catalog (JUNEC)

首都圏の地震発生予測モデルの構築に向けて：地震カタログの下限マグニチュードの評価
Three-dimensional earthquake forecasting model for the Kanto district: Completeness magnitude of earthquake catalogs

横井 佐代子¹; 鶴岡 弘^{1*}; 平田 直¹
YOKOI, Sayoko¹; TSURUOKA, Hiroshi^{1*}; HIRATA, Naoshi¹

¹ 東京大学地震研究所

¹Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

関東地方は本州弧の地殻内からフィリピン海スラブ、太平洋スラブに関連した浅発および稍深発地震の活動が活発であり、地震発生頻度の高い「深さ」が存在する。そこで私達は、地震活動の評価に基づく地震発生予測検証実験の「関東領域」で扱われている二次元地震発生予測モデル（地震の経度・緯度を予測）を発展させ、地震の経度・緯度・深さを精度よく予測する三次元地震発生予測モデルを構築することを目的として 2012 年から研究を開始した。Relative Intensity モデル（以下、RI モデルとする。Nanjo, 2011）は、地震活動の評価に基づく地震発生予測検証実験の 3 ヶ月予測実験において良い成績を示したので三次元予測モデルの土台とした。RI モデルは過去の地震活動から将来の地震活動を予測する統計モデルなので、予測は使用するデータ（地震カタログ）の質の影響を受ける。マグニチュードが大きい地震の予測精度を向上させるためには長い期間のカタログを必要とするが、過去にさかのぼるほどカタログの時空間的不均質性の問題が生じる（例えば、楠城ら、2009）。よって、震源の深さ分布を考慮して地震カタログの品質評価を行った。関東地方を収録している地震カタログとして、宇津カタログ（宇津、1979 および 1982）（使用期間：1885 年から 1923 年）、防災科学技術研究所が作成した地震カタログ（収録期間：1979 年から 2003 年）、気象庁地震カタログ（収録期間：1923 年から 2013 年）を使用した。各カタログにおける震源データの下限マグニチュード（以下、 M_c とする）を Maximum curvature 法（Wiemer and Wyss, 2000）により求めた。例えば、収録期間の最も長い気象庁地震カタログにおいては 1923 年から 1970 年半ばまで M_c は 3.7 ± 0.4 （平均±標準偏差）となり、1970 年半ばから 2000 年にかけては観測網の整備に伴い M_c の減少が見られた。また、1980 年台から M_c の深さ依存性が議論できるようになった。2000 年から 2010 年における浅い予測領域（深さ 0 から 30km）の M_c (0.25 ± 0.14) は、深い領域（60 から 100km）の M_c (0.67 ± 0.10) より小さい値を示した。本発表では、三次元予測空間における地震予測の精度向上のために、これらの地震カタログをどのように使用していくべきか議論する。気象庁地震カタログおよび防災科学技術研究所の地震カタログを使用しました。記して感謝します。なお本研究は文部科学省受託研究「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」の一環として行われています。

キーワード: 三次元地震発生予測モデル, 関東地方, 地震活動の評価に基づく地震発生予測検証実験, 地震カタログ

Keywords: Three-dimensional forecasting model, Kanto district, Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability, earthquake catalogs

構造物即時被害予測のためのスパースモデリングに基づく地震動分布推定アルゴリズムの開発 Sparse Modeling to Estimate Spatial Distribution of Ground Motion Required for Rapid Prediction of Structural Damages

水迫 覚信^{1*}; 長尾 大道¹; 廣瀬 慧²; 加納 将行³; 堀 宗朗¹
MIZUSAKO, Sadanobu^{1*}; NAGAO, Hiromichi¹; HIROSE, Kei²; KANO, Masayuki³; HORI, Muneo¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 大阪大学大学院基礎工学研究科, ³ 京都大学理学研究科

¹Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, ²Graduate School of Engineering Science, Osaka University, ³Graduate School of Science, Kyoto University

大地震発生時、構造物の即時被害予測は二次災害を防ぐために重要であり、観測される地震波形から構造物直下の地震動を推定するプロセスと、推定された地震動を入力として、構造物の損傷を予測するプロセスからなる。構造物の損傷をより精度良く予測するためには、地震動観測データから空間的に圧倒的に密に分布した構造物における地震波形を推定するための手法を創出する必要がある。近年、首都圏地震観測網 (MeSO-net) に代表される空間的に高密度な地震観測網が整備されたことを背景に、発表者らは地震観測網で得られるデータから高空間分解能を持つ地震動分布を推定するための統計学的手法の開発を行っている。

水迫 [2013, 卒業論文] では、テイラー展開に基づく手法を考案した。東北地方太平洋沖地震時に MeSO-net で得られた観測データに本手法を適用した結果、約 0.15Hz 以下の地震動分布を精度良く推定することが可能であることを示した。しかし、一般的な構造物の固有周波数は 1.0~10Hz であるため、本手法を実用化するためには、0.15Hz 以上の高周波成分を含む地震動分布を精度良く推定する必要がある。水迫 [2013] では、恣意的にテイラー展開を一次で打ち切り、近傍の 5 観測点のデータから、テイラー展開における微分係数を決定したが、このような打ち切り次数と観測点の組み合わせ (以降、クラスタと称する) が、最も精度の良い推定結果を与えるとは言い切れない。逆に、打ち切り次数とクラスタを最適化することで、0.15Hz 以上の周波数成分を含む地震動分布を推定することが可能になることが期待される。

以上を踏まえ、本研究では、地震動分布を推定するために適した打ち切り次数とクラスタを提示するためのスパースモデリングに基づく手法の開発に取り組んでいる。特に本研究では、スパース推定をする際、L1 ノルムを正則化項とする lasso (least absolute shrinkage and selection operator) を採用する。微分係数の推定に lasso を適用することで、多数の微分係数から有効な項のみが選択される。さらに、3次元のベクトル量である地震動データを解析する際、異なる成分の同階数の微分係数を同時に選択するために group lasso を実装している。講演においては、本手法によって得られた初期結果について、水迫 [2013] による結果と比較しながら報告する。

キーワード: スパースモデリング, lasso, 都市災害, 首都圏地震観測網

Keywords: Sparse modeling, lasso, urban disaster, MeSO-net