

## 首都圏地震観測網の設置計画

酒井慎一\*・平田 直

東京大学地震研究所

## Distribution of the Metropolitan Seismic Observation network

Shin'ichi Sakai\* and Naoshi Hirata

Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

### Abstract

The Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in the Tokyo Metropolitan Area has been ongoing (2007-2012). Under this project, the Metropolitan Seismic Observation network (MeSO-net), which consists of about 400 observation sites, has been constructed. This network consists of five dense linearly arrayed stations and evenly spaced stations. This five liner arrays focus on observing highly active seismicity, many repeating earthquakes, slow slip area, and historical large earthquakes. The correlations of waveform from local and teleseismic events are high because observation points are deployed at about 2 or 3-km intervals. In addition, identification of any stations of the later phase is easy even if artificial noise is very intense. These widely developed stations have been used effectively for the seismic tomography method. These dense intervals of MeSO-net will induce a more highly resolved structure than previous studies. MeSO-net has observed earthquakes of more than M 2.0. Low-frequency waveforms of less than 0.1 Hz have been observed by MeSO-net. The distribution of amplitudes observed at each station show heterogeneous amplification of shaking motions.

Our study will lead to improved quality of plate structure, and contribute to a new assessment of seismic hazards in the Tokyo Metropolitan Area, Japan.

**Key words:** MeSO-net, dense seismic observation, seismic sensitivity, heterogeneous amplification

### はじめに

これまで首都圏では、大正関東地震や元禄関東地震のようなプレート境界型巨大地震がくりかえし発生してきた。このようなマグニチュード (M) 8.0 級の巨大地震の発生間隔は 200~400 年と長く、大正関東地震から 80 余年経った現在、次の巨大地震発生までには、まだ若干の時間的猶予がある。しかし過去の事例では、巨大地震が発生するあいだの期間に M 7 級の大地震が発生し、江戸や東京に大きな被害をもたらしている。当時は近代的な地震観測網がなかったため、それら M 7 級地震の震源の位置・深さ・規模などの震源要素の詳細はわからず、首都直下地震の地震像が把握できていない。そこで、

首都直下地震の全体像を解明するとともに、地震による被害の軽減と首都機能維持に資することを目的とする「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」が、文部科学省により実施されることとなった (平田編・2008, 平田編・2009, 平田ほか・2009)。このプロジェクトは、①: 首都圏でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等、②: 都市施設の耐震性評価・機能確保に関する研究、③: 広域的危機管理・減災体制の構築に関する研究の 3 つのサブプロジェクトからなる。このうちサブプロジェクト①では、首都圏で発生する M 7 級の大地震の場所、規模、発生頻度、揺れ方などの地震像を解明するために、1. 地震計を用いた自然地震観測によるプレート構造調

\* e-mail: coco@eri.u-tokyo.ac.jp (〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1)

査, 2. 制御震源を用いた地殻構造探査, 3. 歴史地震等の記録の収集, 整理及び再評価, 4. 震源断層モデル等の構築 の4つの項目において調査研究を進めている。そして, ①首都圏でのプレート構造調査, 震源断層モデル等の構築の調査研究の一環として, 2007年度から首都圏地震観測網 (Metropolitan Seismic Observation network: MeSO-net) の構築を開始した。

首都圏は, 経済活動や交通などによる雑振動が非常に強く, 微弱な地面の揺れをとらえることが必要な自然地震観測には不利な地域である。そのため, これまでの首都圏の地震観測では, 深さ1000mを越える井戸の底に地震計を設置することによって, 雑振動を軽減させていた。しかし, 深井戸の観測点は建設コストが高いため多点の設置は困難であり, 首都圏下でのプレート構造に関する研究は, なかなか進展しなかった。そこで, 本プロジェクトでは, 2007年度から5年間で約400か所の観測点を集中的に設置することにした。このことにより観測点密度が高まり, 地下構造の解像度が飛躍的に向上することが期待される。観測点は, 2007年度から2009年度の3年間の設置により226ヶ所になり, 予定の約55%が建設できた。この観測網で観測したデータには, 首都圏周辺で発生した多数の地震が含まれており, 今後の様々な解析に利用される。本稿では, この観測網のねらいと観測点配置の考え方を記述すると共に, これまでに得られた観測記録を基にしてこの観測網の検知能力を示すことが目的である。

## 観測網概要

地震調査委員会による長期評価では, 南関東地域で発生するM7級の大地震は, 今後30年間で70%であるとしている (地震調査研究推進本部, 2004)。この長期評価は, 最近百年間に関東地方で発生した5つの地震を用いている, これらの地震の震源の位置・深さ・規模などの震源要素は明確にはなっていない (石辺ほか, 2009a, 石辺ほか, 2009b)。そのため, これらの地震が発生した領域を含むような観測網にする必要がある。一方で, 中央防災会議が南関東地域で発生すると思われる地震に対する被害想定を行っている (中央防災会議, 2005)。これは, 南関東地域で19種類の地震断層を仮定し, それぞれの地震によって引き起こされる地震動から被害の程度を想定したものである。そこで, これらの地震断層を覆うような地域に観測網を展開することにした。さらに, これらの地震の発生に関係するフィリピン海プレートが沈み込む前後での地下構造や地震活動との比較をするために, プレートが沈み込む前の関東山地周辺も観測範囲と

することにした (棚田ほか, 2009)。全体として, 東京都東部を中心とした半径約80kmの範囲を観測対象領域とした。

MeSO-netが, 解明を目指すM7級の大地震の震源断層の大きさは約20kmであるため, この断層サイズより細かな分解能の観測が不可欠である。そこで, 全体として平均5km間隔での観測点配置を検討した。半径80km園内に5km間隔の地震観測点を均一に設置すると, 約800点の観測点が必要になる。しかし, 注目すべき地域に観測点を集中させるなどして観測点分布に粗密が生じることを許せば, 観測点数をその半分に減らしても十分な研究成果を上げる配置が可能になる。そこで, 観測点間隔を密にした直線状の観測点分布と広く面的に分布させる観測点群の組み合わせによる配置を考え, 合計400ヶ所の予定観測点を選定した (Fig. 1)。その結果, 例えば想定される「東京湾北部の地震」の断層面上には, 100ヶ所を超える観測点が設置されることになり, 多くの情報が得られることが期待される。

初年度 (2007年度) は, 東京都, 神奈川県, 千葉県, 茨城県に46観測点を設置した (Table 1, Fig. 1の青丸)。この分布は, 茨城県つくば市から神奈川県藤沢市に至る直線状の配列 (つくば藤沢測線) と東京都23区の観測点群からなる。つくば藤沢測線は, 2002年から2007年に実施された大都市大災害軽減化特別プロジェクト (代表, 平田直) の一環として設置された房総測線と平行に配置した。房総測線の観測点間隔は約3kmであったが, つくば藤沢測線の観測点間隔は約2kmで, MeSO-netの中で最も密な配置である。首都圏中心部を通るため, 人工のノイズが多いと予想され, SN比を向上させるために観測点を集中させた。さらに, なるべく多くの地震波を捉えるために, この5ヶ年のプロジェクト中, 最長の観測期間になるように初年度に建設した。この測線で観測された波形を見て, 都心部での地震観測の有効性を判断し, この後に設置させる予定の観測点選定に役立てた。

2008年度は, 東京都, 神奈川県, 千葉県, 茨城県, 埼玉県, 山梨県に127観測点を設置した (Table 2, Fig. 1の淡青丸)。この分布は, 埼玉県日高市から千葉県銚子市に至る配列 (入間銚子測線), 茨城県古河市から千葉県長生郡白子町に至る配列 (藤岡九十九里測線), 東京都文京区から山梨県南都留郡山中湖村へ至る配列 (富士山測線) の3本の直線状の配置と, 東京都23区部や東京湾内の観測点群からなる。直線状の観測点は約3km間隔で配置され, 昨年までに設置された房総測線とつくば藤沢測線と併せて, 5本の直線状観測網で関東平野を広く覆うものにした。

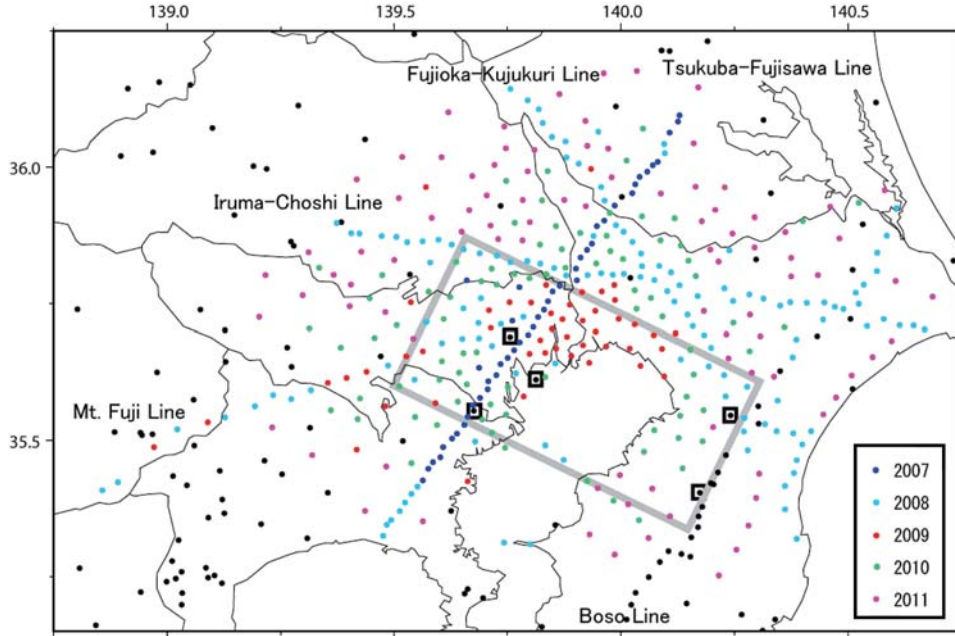


Fig. 1. Distribution of seismic stations of MeSO-net. Color indicates year station was established. Dots indicate stations under development. Large square and small squares indicate area of estimated Northern Tokyo-Bay Earthquake and stations still to be developed within it.

2009年度は、東京都、神奈川県、千葉県、茨城県、埼玉県、山梨県に48観測点を設置した（Table 3, Fig.1の赤丸）。東京都東部と千葉県西部を中心として、関東一円に配置した。2010年度以降は、東京都、神奈川県、千葉県、茨城県、埼玉県、山梨県に残りの約174観測点を順次設置する予定である。

#### 観測網のねらい

これらの5本の直線状の観測点配置は、最近発生している微小地震活動域の直上を通るように選んでいる（Fig. 2）。地下のプレート構造を調査する手段として最も一般的なものは、地震のP波やS波の初動走時を用いたトモグラフィ法による速度構造解析であるが、この手法を最大限に生かすためには、できるだけ多くの波線を取り入れることである。さらに、その波線がさまざまな方向から観測点に到達することが、解析結果の解像度や信頼度に大いに影響する。本プロジェクトは、5年間という限られた期間であるため、地震数には限りがある。そこで、多くの地震波形が捉えられるように、地震活動域の直上に密な観測点を集中的に設置させることが望ましい。加えて、過去に発生した大地震の位置やこれまでに得られた研究成果で指摘されている不均質構造（例えば Matsubara *et al.*, 2008）が存在する地域の直上を通るように選んだ。そして、プレート構造に関する

くり返し地震（Igarashi, 2009）およびスロースリップ発生域（Kimura *et al.*, 2006）などの直上を通ることで、これらの研究に寄与するデータの取得も考慮に入れた。さらに、既存の観測網をすべて利用できるように、東京大学地震研究所、神奈川県温泉地学研究所、気象庁、防災科学技術研究所の地震観測網も取り込み、統合して処理することにした。

首都圏下は、2枚のプレートが沈み込むという複雑な地下構造である。ため、これまでの調査や解析は不十分なものであった。例えば、Nakajima and Hasegawa, 2009では、気象庁一元化処理震源を用いて、関東下の地下構造をトモグラフィ法によって推定している。それによると、プレート境界だけでなく、プレート内の不均質構造が見え、それが地震活動の不均質に対応していることを示した。しかし、利用している観測点の間隔は20 km以上であり、計算のグリッドサイズは水平方向に10 kmであるため、それと同程度の分解能しか得られていない。MeSO-netは観測点密度が約10倍であるため、格段の解像度の結果が得られている（中川ほか, 2009a）。

一方で、首都圏下では沈み込むプレートの下へ別のプレートが沈み込むため、沈み込むプレート内を透過する地震波を観測することができる。さらに、沈み込むプレート周辺で発生した地震波が、より深いプレートの上面で反射した波も捉えることができるなど、さまざまな

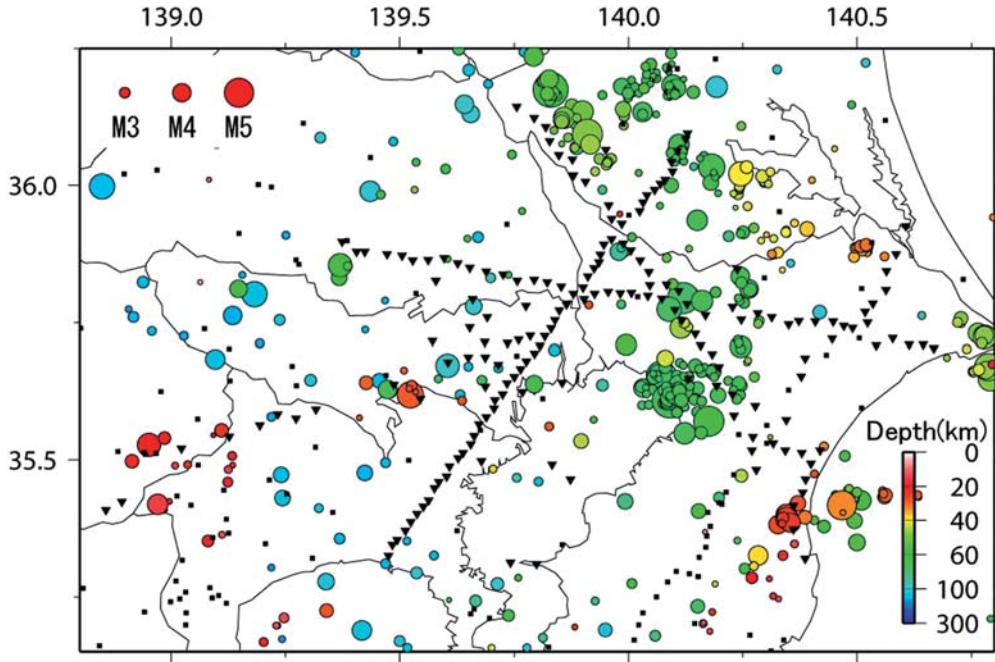


Fig. 2. Distribution of earthquakes of more than M 2.0 are shown with MeSO-net. Color indicates focal depth. Earthquakes were determined by MeSO-net (2008.4.1-2009.9.30).

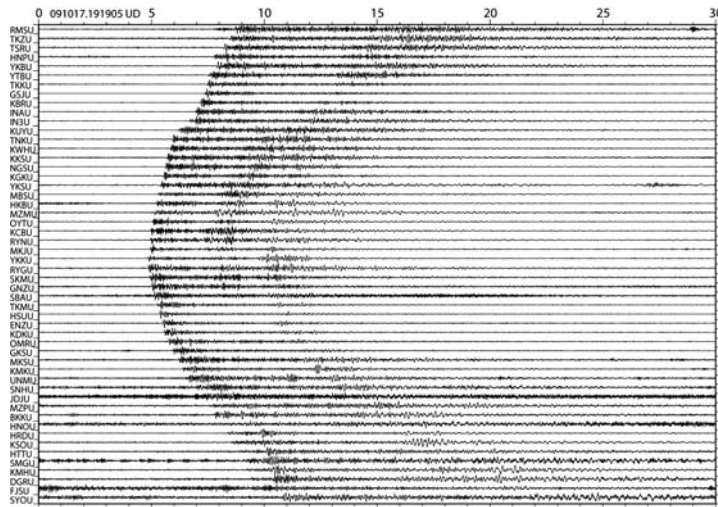


Fig. 3. Waveforms of earthquake (M 2.5, depth=30 km) occurring at northern Tokyo-bay on 17 Oct., 2009 observed by the Tsukuba-Fujisawa line. Top is northern station and bottom is southern station.

波線経路の後続波を捉えることに有利な環境である。これまでの解析では観測点密度が低いため、それらの後続波の同定が難しく、それらを地下構造に結びつけることが困難であった。しかし MeSO-net では、観測点密度を上げて隣接する観測点での波形の相関を向上させ、初動のみならず後続波の同定を容易にした。そのため、見かけ速度、振幅、周波数の変化等も検知できるようになり、これまでに観測できなかった地下構造に起因する情報を含んだ地震波形を数多く観測することができている

(Fig. 3).

#### 観測点概要

これまで地震の観測を行う際には、できるだけノイズレベルが低い静かな場所を選んで設置してきたが、首都圏に設置する場合、そのような環境を満たす場所を見つけるのは困難である。そのため本プロジェクトでは、地震計を深さ 20 m の井戸の底に設置することにして、地表での雑振動の影響を避けることにした。観測点候補地

としては、広い地域に均質に分布している学校や公園を選んだ。これらは、道路や鉄道路線から比較的離れることが可能で、地震計を設置するたて孔の掘削が可能な広い場所を持っている。さらに学校には、児童・生徒や教師など地震観測に興味を持つ可能性の高い人が多く、そのような人に対しては、専用のウェブサイトにより、各地点での地震波形や環境測定データ（気温・気圧）を簡便に閲覧できるようにして、防災教育や理科教育に役立てられることを期待している。

この観測点選定作業では、中川ほか（2009a）で開発した観測点支援システムを活用した。これは、画面に表示した地図上に任意に移動可能なアイコンを配置し、地図を拡大縮小することで、希望の地点にける学校等の有無を知ることができるため、隣接点同士の間隔や全体の配置のバランス等を考慮した選定作業に非常に有益であった。さらに、その観測点名や緯度経度を出力することが可能であるため、その後のチャンネル表の作成にも利用できた。

学校等を選定した通常の観測点では、校庭の端に太さ約 11 cm、深さ 20 m のたて孔を掘削し、その孔底に加速度計（日本航空電子社製、JA-40GA）を設置した（笠原ほか、2009）。その方位は±3度以内に設置されている（汐見ほか、2009）。温度変化の少ない孔底でデジタル値（200 Hz）に変換され、地表に設置されたテレメータ装置（白山工業社製、TS13800）へ送られ、そこからインターネット回線を利用して地震研に設置されたセンター収録システムまで送られる。テレメータ装置は、それぞれの観測点において、その時の回線状態やセンター側の負荷を考慮してデータ伝送速度を制御する機能や、回線断や停電時にはデータを保持し続ける機能を持った自律協調型のシステムにした（森田ほか、2009）。何らかの原因で途中の回線に故障が発生したり、センター収録システムが停止したりという不測の事態が生じて、観測データは現地で保持され、回線が復旧した後にすべて再送されるため、100%の収録が達成されている（中川ほか、2009b）。

一部の観測点では、通常の観測方法とは異なる仕様で観測を行い、データ伝送を可能にした。例えば、東京湾内に位置する第二海堡観測点は、電力線や電話線が無い人工島であため、太陽電池パネルを用いて電力を生成し、無線 LAN を利用して近傍の富津公園観測点へ送り、そこから電話線を使って地震研まで伝送した（坂上ほか、2009）。そのほか、風の塔観測点や潮風公園観測点では、電話線を引くことが困難なため、代わりに携帯電話を利用して 24 時間の連続データ伝送を行っている。

携帯電話によるデータ通信の場合、一定時間間隔で接続が切断されるが、今回のシステムでは測定が続けられ、現地でデータを蓄積し続ける。そのため、回線が復旧した後に蓄積されたデータの再送が行われ、データ欠落が無く収録されている。

#### 地震の検知能力と揺れの不均質

2008年4月1日から2009年9月30日までに首都圏地域（北緯 35.15 度から 36.25 度，東経 138.8 度から 141.8 度）で発生した M 2.0 以上の地震は、気象庁一元化震源によると 692 個であった。これらの地震に対して観測波形を切り出し、地震波処理システム win（卜部・東田、1991）を用いて、P 波（169,227 個）、S 波（153,659 個）、最大振幅（184,365 個）、初動極性（80,912 個）を読み取り、震源決定を試みた（Fig. 2）。その結果、M 2.0 より大きな規模の地震であれば、首都圏に設置された MeSO-net 観測点においても初動走時の読み取りが十分に可能である（Fig. 4）。検知能力が良いこと理由は、システムノイズの低い観測機器を開発し、それを 20 m の井戸の中に設置したこと、観測点密度が高いことによる隣接観測点における波形の同定のしやすさのためと考えられる。そのため、初動のみならず後続波も検出できるようになり、その見かけ速度や振幅変化、周波数変化等を知ることができ、プレート構造に起因すると思われるさまざまな情報が蓄積されている。

これらの地震に対して観測された地震波の最大振幅の分布から、ゆれの大きさの地域性を求めた。ここでは震源決定の際には、上下動成分の最大振幅と震央距離からマグニチュードを求めている（渡辺、1971）。このとき、観測点ごとにマグニチュードが算出され、その値を平均したものが、その地震のマグニチュードと計算しているが、このとき求めたマグニチュードと観測点ごとにマグニチュードとの差 ( $\Delta M$ ) は、観測点における揺れやすさの違いを表す指標と考えることができる。この  $\Delta M$  を多くの地震で求め、観測点ごとの平均値を、示した（Fig. 5）。この分布は、地震の規模と距離から推定される標準的な揺れの大きさに比べてどの観測点が大きく揺れるのかを算出したものと言える。

マグニチュードが大きくなる観測点が多い地域は、つくば市周辺、東京都東部、藤沢市周辺である。特に東京都東部（足立区、墨田区、中央区、港区等）に設置された観測点の  $\Delta M$  は 0.4 を超えるところが多く、マグニチュードから予想される標準的な振幅より 2 倍以上大きなゆれを示していることになる。例えば、墨田区立両国小学校観測点（RYGM）の  $\Delta M$  は 0.53 であり、標準的な

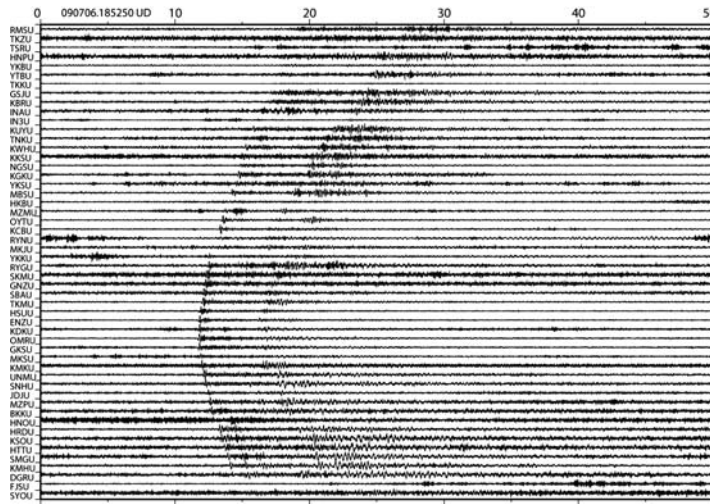


Fig. 4. Waveforms of earthquake (M 2.3, Depth=26 km) occurring in Setagaya-ku, Tokyo on 6 Jul., 2009 observed by the Tsukuba-Fujisawa line. Top is northern station and bottom is southern station. Waveforms are UD-component.

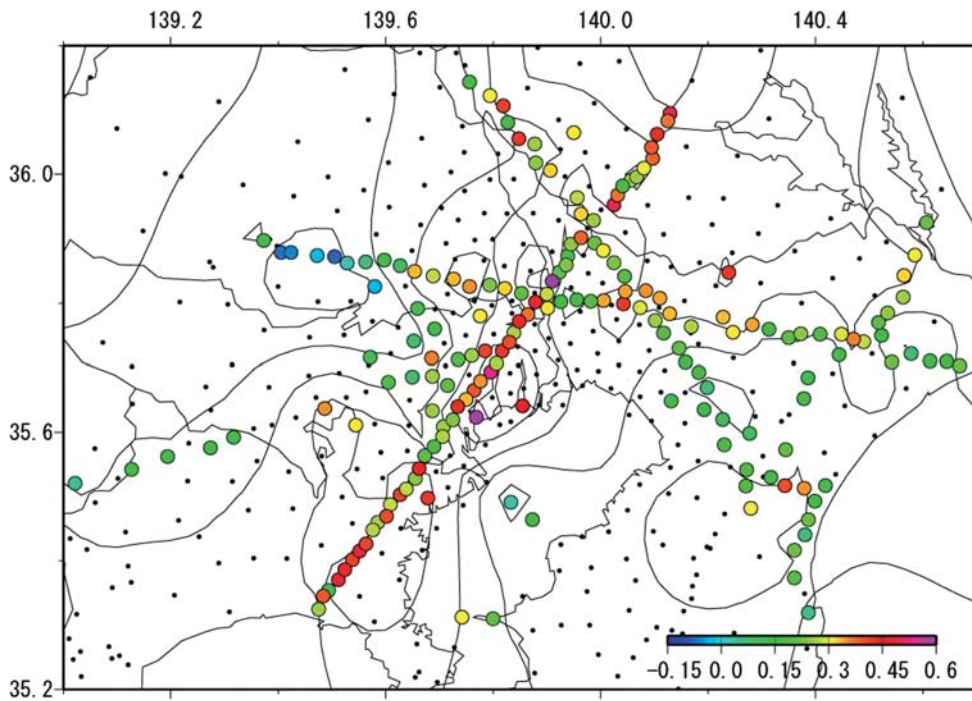


Fig. 5. Distribution of magnitude of amplitude of MeSO-net. They obtained by the residual between the magnitude at each station and the averaged magnitude. Red indicates larger than normal amplitude. Interval of counter is 0.1.

振幅の約2.3倍大きくゆれることになる。その一方で入間鈔子測線の西部では、標準的なマグニチュードより小さな値を示す傾向がある。例えば狭山市立柏原小学校観測点 (KSRM) の  $\Delta M$  は  $-0.07$  で、標準的な振幅より約3割小さくなる。これらの値は、実際に観測された地震波を用いて計算されたものであり、大地震発生時のゆれ

の地域性を予測する際に、大いに役立つものである。ただし、地震の発震機構解による振幅の方位依存性や震源の偏りによる伝播経路の違いを考慮し、精査する必要がある。

一方で、長周期地震動に対する揺れの地域性を算出してみた。この期間において、全世界ではM8級の地震が

首都圏地震観測網の設置計画

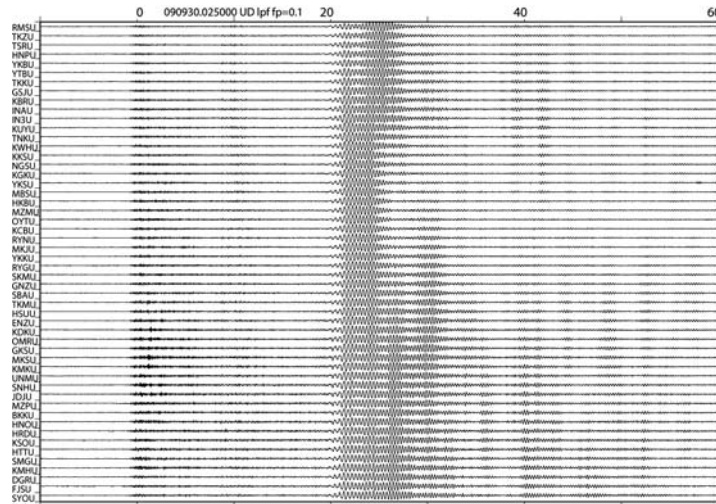


Fig. 6. Filtered waveforms observed at Tsukuba-Fujisawa line.  
This earthquake (M 8.0) occurred at the Samoa Islands on 30 Sep., 2009.

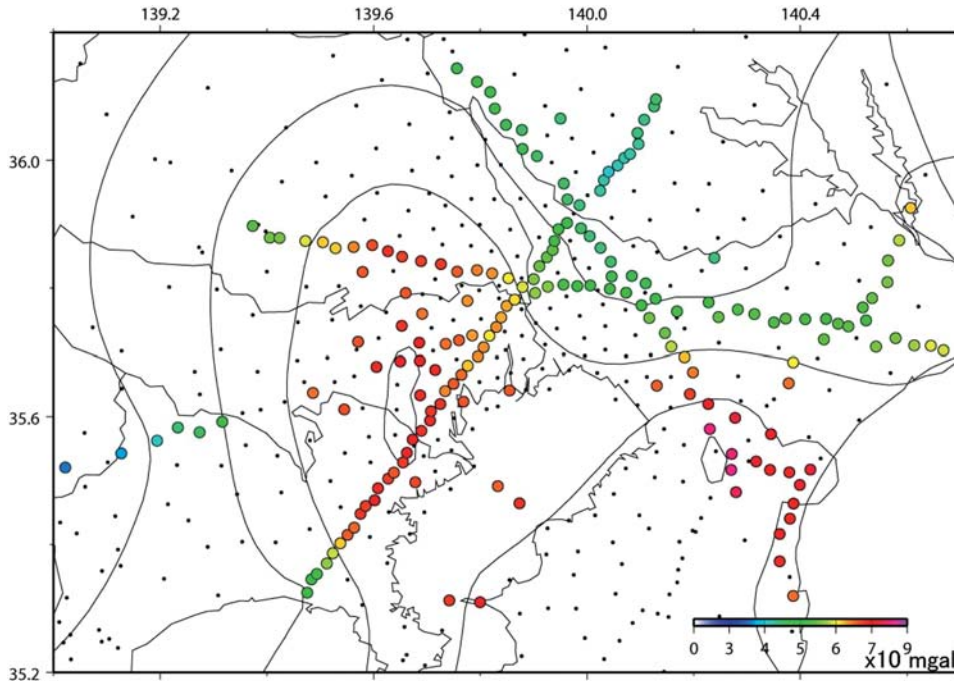


Fig. 7. Distribution of magnitudes of amplitudes.  
They obtained from the low-pass filtered waveform of the horizontal component. Interval of counter is 10 mgal.

いくつか発生している。たとえば、2009年9月30日2時48分（日本時間）に南太平洋のサモア諸島沖で発生したMw 8.0 (USGS)の地震は、正断層型の発震機構解をもち、深さ約18kmの浅い海域で発生したため付近の島々で津波が観測された。この地震による地震波が、MeSO-netでも観測されていて、周期10秒以上の表面波が収録されている (Fig. 6)。この表面波は、観測点ごとに振幅、

継続時間、卓越周期等が徐々に変化していることから、関東平野の地下構造を表していると考えられる (Fig. 7)。この場合、東京23区の西部、川崎市、横浜市等の振幅が大きく、千葉市から九十九里町にかけての房総半島中央部でも振幅が大きくなるのが特徴であり、関東平野の上部地殻構造に関する情報が含まれていると考えられる。

Fig. 5とFig. 7は、どちらも観測点での揺れやすさの

地域性を表しているが、その分布には異なる特徴が見られる。Fig. 5は、M 2~M 4程度の地震で観測された地震波の最大振幅の違いから求めたものであるため、卓越する数十 Hz の地震波の振動から見た揺れの地域性を表していると考えられる。その一方で Fig. 7は、周期 10 秒から 50 秒の帯域の表面波の揺れの地域性を見ていて、より深い地下構造の影響を受けたものであると考えられる。このように卓越周期の異なる地震波を用いた解析を行うことにより、周波数帯毎の揺れの地域性を得ることができる。都市部には、様々な固有周期を持つ建物が存在するため、それらの防災・減災対策に大いに利用することができる。

### おわりに

首都圏に被害を及ぼすと想定される地震を解明し、その被害の軽減と防災に役立てる情報を提供することを目的とする文部科学省の委託研究プロジェクト「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」が開始した。その一環として、これまでに観測されてきた微小地震活動、繰り返し地震、スロースリップ領域に観測点を集中させ、既往の解析から知られている不均質構造を地震波が通るような観測点配置を選定した。その結果、観測点間隔が 2~3 km の 5 本の測線と関東平野に広がる観測群からなる首都圏地震観測網を構築することにした。2007 年度から、地震観測点を設置してきて、昨年度までに 178 観測点が稼働中で、今年度は 48 観測点が新たに稼働した。

すでに多くの地震が観測されていて、それらからは期待以上の高品質なデータが得られている。MeSO-net では、深さ 20 m のたて孔に地震計を設置して地表のノイズを避け、SN 比を向上させたため、気象庁一元化震源における M 2.0 以上の地震の観測が可能であった。さらに、観測点密度を高めたため、後続波の同定が容易であ

り、地下のプレート構造に起因する多くの情報が得られている。さらに、長周期の地震波に対して感度をもつ加速度計を設置したため、遠地で発生した大地震を観測することができ、関東平野を伝播する表面波を捉えることができた。今後は、これらのデータをもとにして、詳細な地下構造の解明を行う。

この観測網の特徴は、実際に観測したデータを用いてその観測地点での揺れ方を知ることができることにある。これまでの強震動予測やそれに基づく被害予想では、仮定した地震断層面において地震波を生成させ、それが大きな地下構造のもとで伝播し、地表近傍の地盤の影響を考慮して、その地点の揺れを推定していた。地点ごとの地下構造がすべてわかっているわけではないため、そこには不確かさが存在する。しかし、今回の観測網で得られたデータを利用することにより、その地点での揺れの地域性を知ることができる。さらに、観測値と計算で推定した揺れとを比較することにより、強震動予測の検証を行うことも可能になる。銀座や日本橋といった都心部でも良好な地震記録が得られていて、当初の目的を果たしつつある。今後このような観測を続け、データを蓄積することで、詳細な地下のプレート構造を解明し、より確からしい揺れの予測につなげ、首都直下地震の防災・減災に役立てる情報を提供する。

### 謝 辞

気象庁一元化震源を用いて地震波形の切り出しを行い、震源決定に用いた。防災科学技術研究所の高感度地震観測点および広帯域地震観測点のデータを用いて、統合処理を行った。神奈川県温泉地学研究所の観測点を用いて、統合処理を行った。この研究は、文部科学省の委託研究事業「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」(代表: 平田 直)の一環として行われた。



首都圏地震観測網の設置計画

Table 1. List of the seismic stations of the MeSO-net that started in 2007.

観測点番号	観測点コード	名前	北緯	東経
TF09	E.HNOM	初音が丘小学校	35.44788	139.57632
TF10	E.BKKM	仏向小学校	35.46046	139.58576
TF11	E.MZPM	横浜市立三ツ沢公園	35.46920	139.60240
TF12	E.JDJM	神大寺小学校	35.48779	139.60902
TF13	E.SNHM	篠原小学校	35.50266	139.62742
TF14	E.UNMM	上の宮中学校	35.51189	139.63862
TF15	E.KMKM	駒岡小学校	35.52866	139.65468
TF16	E.MKSM	南加瀬中学校	35.54403	139.66301
TF17	E.GKSM	玉川小学校	35.56330	139.67288
TF18	E.OMRM	大森第七中学校	35.57817	139.68962
TF19	E.KDKM	貝塚中学校	35.59367	139.70550
TF20	E.ENZM	延山小学校	35.60894	139.70807
TF21	E.HSUM	芳水小学校	35.61949	139.72507
TF22	E.TKMM	高松中学校	35.63989	139.73422
TF23	E.SBAM	芝小学校	35.65091	139.75017
TF24	E.GNZM	銀座中学校	35.66610	139.76573
TF25	E.SKMM	阪本小学校	35.67964	139.77656
TF26	E.RYGM	両国小学校	35.69364	139.79517
TF27	E.YKKM	横川小学校	35.70704	139.80628
TF28	E.MKJM	向島中学校	35.72598	139.81725
TF29	E.RYNM	綾南小学校	35.73979	139.83059
TF30	E.KCBM	上千葉小学校	35.75393	139.83853
TF31	E.OYTM	大谷田小学校	35.77152	139.84909
TF32	E.MZMM	水元中学校	35.78273	139.86497
TF34	E.MBSM	松戸馬橋高校	35.81440	139.89930
TF35	E.YKSM	横須賀小学校	35.83372	139.91051
TF36	E.KGKM	小金北中学校	35.84814	139.92346
TF37	E.NGSM	長崎小学校	35.85914	139.93629
TF39	E.KWHM	柏の葉高校	35.89169	139.94522
TF40	E.TNKM	田中小学校	35.90143	139.96410
TF42	E.KUYM	高野小学校	35.92854	139.98693
TF43	E.IN3M	伊奈第3保育所	35.96147	140.01629
TF44	E.INAM	伊奈中学校	35.96759	140.03217
TF45	E.KBRM	小張小学校	35.98252	140.03929
TF46	E.GSJM	勤兵衛新田児童公園	35.99085	140.05710
TF47	E.TKKM	高岡公民館	35.99613	140.06732
TF48	E.YTBM	谷田部南小学校	36.01026	140.07989
TF51	E.TSRM	手代木中学校	36.06273	140.10594
TF52	E.TKZM	竹園高校	36.08306	140.12534
TF53	E.RMSM	つくば市歴史民俗資料館	36.09853	140.13010
W048	E.GHGM	五本木小学校	35.63341	139.68726
W022	E.NARM	西新井第一小学校	35.77973	139.77626
W019	E.HKBM	北部小学校	35.79214	139.90187
W109	E.TKSM	高島第一小学校	35.79171	139.65958
W901	E.YYIM	地震研究所	35.71855	139.76035
TF08	OK.HRDM	平戸小学校	35.42690	139.56379

Table 2. List of the seismic stations of the MeSO-net that started in 2008.

観測点番号	観測点コード	名前	北緯	東経
TF49	E.HNPM	羽成公園	36.02518	140.09684
TF50	E.YKBM	上横場保育所	36.04222	140.09511
FK05	E.MZUM	水海小学校	36.14342	139.75622
FK06	E.SICM	境第一中学校	36.12255	139.79416
FK07	E.SSMM	猿島小学校	36.10640	139.81905
FK08	E.MRTM	森戸小学校	36.08060	139.82746
FK09	E.NSUM	長須小学校	36.05534	139.84823
FK10	E.YSPM	八坂公園	36.04716	139.87802
FK11	E.NKGM	中川小学校	36.01773	139.87965
FK12	E.NNGM	七郷小学校	36.00627	139.90660
FK14	E.MYHM	守谷高校	35.96356	139.95655
FK15	E.MRJM	守谷浄化センター	35.93857	139.96372
W157	E.SGWM	菅原小学校	36.06498	139.95034
DD44	E.TOKM	徳島小学校	35.92520	140.60715
IC01	E.THCM	高萩中学校	35.89712	139.37350
IC02	E.KSRM	柏原小学校	35.87878	139.40597
IC03	E.OKDM	奥富小学校	35.87827	139.42371
IC04	E.FKCM	福原中学校	35.87372	139.47254
IC05	E.NISM	西小学校	35.87177	139.50512
IC06	E.FMNM	ふじみ野小学校	35.86234	139.52877
IC07	E.FMHM	富士見高校	35.86401	139.56276
IC08	E.OKCM	大久保中学校	35.86686	139.59769
IC09	E.DAIM	土合小学校	35.85779	139.62709
IC10	E.SRCM	白幡中学校	35.84914	139.65378
IC11	E.SBCM	芝中学校	35.84217	139.68893
IC12	E.HYHM	鳩ヶ谷高校	35.83733	139.72644
IC13	E.HGCM	東中学校	35.82550	139.75665
IC14	E.NSMM	西町小学校	35.82783	139.79390
IC15	E.YNMM	柳之宮小学校	35.82268	139.82231
IC16	E.SDMM	潮止小学校	35.81510	139.85278
TF33	E.TKNM	鷹野小学校	35.80154	139.87932
W141	E.KOHM	慶応義塾志木高校	35.82495	139.58075
W213	E.SECM	栄中学校	35.84708	140.23886
IC18	E.MDHM	県立松戸高校	35.80198	139.92660
IC19	E.KSCM	金ヶ作中学校	35.80515	139.95616
IC20	E.TYNM	高柳西小学校	35.80278	139.98204
IC21	E.STHM	沼南高柳高校	35.80403	140.00642
IC22	E.NNTM	七次台小学校	35.79860	140.04290
IC23	E.KMRM	小室小学校	35.79279	140.07380
IC24	E.KRCM	木刈中学校	35.80726	140.11039
IC25	E.FUNM	船穂小学校	35.78322	140.12881
IC26	E.MNKM	宗像小学校	35.76341	140.16880
IC27	E.RKGM	六合小学校	35.77768	140.22805
IC28	E.HRGM	平賀小学校	35.75473	140.24683
IC29	E.KUDM	公津小学校	35.76636	140.28279
IC30	E.TSCM	富里北中学校	35.75919	140.31378
IC31	E.NKNM	根木名小学校	35.74623	140.35077
IC32	E.SRTM	三里塚小学校	35.75208	140.37266
IC33	E.HSDM	菱田小学校	35.75139	140.40931
IC34	E.TK2M	多古第二小学校	35.75174	140.44819
IC35	E.NKMM	中村小学校	35.73986	140.49037
IC36	E.IIDM	飯高小学校	35.74951	140.52363
IC37	E.SSHM	匠瑳高校	35.70861	140.54226
IC38	E.TBKM	檜海小学校	35.72178	140.57848
IC39	E.TYHM	豊畑小学校	35.71028	140.61393
IC40	E.DICM	第一中学校	35.70972	140.64474
IC41	E.YSSM	矢指小学校	35.70275	140.66869
DD31	E.SNJM	新治小学校	35.48191	140.27970
DD32	E.OJCM	大椎中学校	35.51654	140.27061
DD33	E.HYDM	日吉台小学校	35.57273	140.34502
W152	E.MNMM	源小学校	35.64847	140.13143
DD35	E.MOKM	睦岡小学校	35.65200	140.37849
DD36	E.SNSM	洗心小学校	35.68435	140.38673
DD37	E.MD1M	水戸台第一公園	35.72056	140.44561
DD38	E.TACM	多古中学校	35.74400	140.47102

首都圏地震観測網の設置計画

Table 2. (Continued)

観測点番号	観測点コード	名前	北緯	東経
DD39	E.TKWM	常磐小学校	35.76964	140.51743
DD40	E.YMKM	山倉小学校	35.78426	140.53471
DD41	E.YT2M	八都第二小学校	35.80925	140.56372
DD42	E.OMNM	小見川西小学校	35.84286	140.56475
DD43	E.OMKM	小見川北小学校	35.87445	140.58569
FK16	E.KKHM	県立柏高校	35.89350	139.98899
FK17	E.NDOM	根戸小学校	35.88126	140.00547
FK18	E.ABHM	我孫子高校	35.86276	140.02539
FK19	E.TGNM	手賀西小学校	35.84119	140.04470
FK20	E.SR2M	白井第二小学校	35.81809	140.04650
FK21	E.SSPM	白井聖地公園	35.81894	140.08437
FK22	E.SYPM	佐山児童公園	35.77272	140.10209
FK23	E.YMMM	米本南小学校	35.75327	140.11731
FK24	E.INOM	井野小学校	35.72979	140.14649
FK25	E.SSDM	下志津小学校	35.70868	140.15817
FK26	E.YGHM	八木原小学校	35.69258	140.18332
FK27	E.MSRM	みそら小学校	35.66901	140.19876
FK28	E.YSOM	吉岡小学校	35.63529	140.19340
FK29	E.SSNM	更科小学校	35.61970	140.22760
FK30	E.SRIM	白井小学校	35.58069	140.23078
FK31	E.NOBM	二州小沖分校	35.59793	140.27799
FK32	E.TOCM	土気中学校	35.54138	140.27198
FK33	E.OACM	大網中学校	35.52992	140.31721
FK34	E.MHKM	増穂北小学校	35.51672	140.34313
FK35	E.FKOM	福岡小学校	35.51267	140.37952
FK36	E.MSKM	南白亀小学校	35.46389	140.38742
FK37	E.SRKM	白濁小学校	35.44032	140.38090
W285	E.TYUM	豊海小学校	35.51686	140.41918
W286	E.SRSM	白里小学校	35.49282	140.39927
W287	E.TAKM	高根小学校	35.41647	140.36116
W288	E.KZMM	一宮小学校	35.37358	140.36126
W289	E.TTOM	太東小学校	35.31924	140.38691
TF38	E.KKSM	駒木青年館	35.87341	139.93938
W201	E.KH2M	第二海堡	35.31240	139.74207
W202	E.FTPM	富津公園	35.30976	139.79979
YN01	E.NSJM	西新宿小学校	35.68669	139.68713
W011	E.KSGM	金曾木小学校	35.72579	139.78519
W014	E.KRPM	葛西臨海水族園	35.64036	139.85381
W024	E.KHDM	小日向台町小学校	35.71293	139.73554
W025	E.SKPM	潮風公園	35.62354	139.76977
W143	E.SKHM	成蹊高校	35.71591	139.57151
W037	E.AYHM	都立青山高校	35.67264	139.71558
W045	E.TWDM	常盤台小学校	35.75975	139.69124
W046	E.OA5M	落合第五小学校	35.71399	139.68524
W047	E.SIBM	済美小学校	35.68593	139.65005
W126	E.MSOM	武蔵丘小学校	35.67751	139.60544
W196	E.KYDM	向陽台小学校	35.63696	139.48680
W290	E.MNAM	南町小学校	35.74103	139.65284
TF01	E.SYOM	湘南学園	35.32488	139.47578
TF02	E.FJSM	藤沢小学校	35.34517	139.48397
TF03	E.DGRM	大鋸小学校	35.35399	139.49401
TF04	E.KMHM	公文国際学園高等部	35.37030	139.51255
TF05	E.SMGM	下郷小学校	35.38618	139.52388
TF06	E.HTTM	東戸塚小学校	35.40157	139.53813
TF07	E.KSOM	柏尾小学校	35.41501	139.55169
W147	E.SFHM	横浜サイエンスフロンティア高等学	35.49749	139.67844
W168	E.IKCM	生田中学校	35.61112	139.54505
YN10	E.DSCM	道志中学校	35.52017	139.02215
YN13	E.HGSM	山中湖村立東小学校	35.42337	138.89185
YN14	E.YNCM	山中湖中学校	35.40866	138.85714
W052	E.KZTM	風の塔	35.49101	139.83330
W053	E.UHRM	海ほたる	35.46417	139.87364
YN04	OK.NHMM	二本松小学校	35.59203	139.31677
YN05	OK.NKYM	根小屋小学校	35.57542	139.27368
YN06	OK.TKCM	津久井中央小学校	35.58278	139.23334
YN07	OK.AONM	青野原小学校	35.56242	139.19391
YN08	OK.AOCM	青根中学校	35.54238	139.12721

Table 3. List of the seismic stations of the MeSO-net that started in 2009.

観測点番号	観測点コード	名前	北緯	東経
FK13	E.SGOM	菅生小学校	35.99655	139.93389
W015	E.URMM	南小学校	35.65483	139.89092
W054	E.HNDM	日の出南小学校	35.64244	139.92973
W016	E.MNHM	南新浜小学校	35.67442	139.91647
W017	E.TRSM	鶴指小学校	35.71863	139.91539
W027	E.STKM	信篤小学校	35.69887	139.94426
W028	E.MKBM	宮久保小学校	35.73655	139.94376
W029	E.OMCM	大町小学校	35.7722	139.95736
W018	E.OHSM	大橋小学校	35.77105	139.91454
W026	E.F3KM	ふなばし三番瀬海浜公園	35.67222	139.96694
W041	E.NMDM	夏見台小学校	35.72164	139.99500
W112	E.HSMM	飯山満小学校	35.71135	140.03036
W042	E.NNBM	南部小学校	35.75626	139.98659
W043	E.SEBM	西部小学校	35.78399	139.98526
W113	E.HNSM	東習志野小学校	35.69243	140.07243
W185	E.NS7M	第七中学校	35.66804	140.01959
W114	E.SONM	さつきが丘西小学校	35.66772	140.09072
W153	E.YKDM	横戸小学校	35.69580	140.12004
W151	E.SW2M	幸町第二小学校	35.61747	140.09500
W186	E.USCM	打瀬中学校	35.63633	140.04279
W001	E.KMGM	小松川小学校	35.70383	139.84774
W005	E.NKSM	西葛西小学校	35.66800	139.85733
W006	E.ICEM	一之江小学校	35.68965	139.88120
W007	E.KIMM	上一色南小学校	35.72125	139.87090
W008	E.KK2M	上小岩第二小学校	35.74782	139.88733
W002	E.KBTM	川端小学校	35.73185	139.84609
W003	E.KSNM	北砂小学校	35.68365	139.82250
W004	E.YMPM	夢の島公園	35.65155	139.83030
W012	E.TYSM	豊洲小学校	35.65376	139.79932
W009	E.TTNM	辰沼小学校	35.78374	139.83527
W010	E.SJSM	千寿桜小学校	35.75018	139.79309
W023	E.OG6M	尾久第六小学校	35.75220	139.75455
W035	E.IKBM	池袋小学校	35.73743	139.70906
W036	E.TYPM	都立戸山公園	35.70556	139.7133
W039	E.JKPM	東京港城南島海浜公園	35.58041	139.78592
W165	E.JYHM	自由学園	35.75215	139.53715
W144	E.UNHM	上ノ原小学校	35.66281	139.56369
W167	E.CF3M	第三小学校	35.65395	139.52701
W230	E.BTSM	別所小学校	35.61443	139.39516
YN02	E.KTOM	北豊ヶ丘小学校	35.62558	139.43938
YN03	E.OYOM	小山ヶ丘小学校	35.60543	139.35436
W163	E.IMIM	今泉小学校	35.96318	139.57032
YN09	E.KBAM	旧久保分校跡地	35.53573	139.08419
YN12	E.ZKUM	善之木運動場	35.49207	138.97422
W146	OK.ARMM	有馬小学校	35.56836	139.59147
W197	OK.NRAM	奈良小学校	35.56260	139.48113
W232	OK.KRHM	栗原小学校	35.48326	139.41808
W308	OK.KTGM	北方小学校	35.43542	139.65357

## 文 献

- 中央防災会議, 2005, 首都直下地震対策専門調査会報告.
- 平田 直編, 2008, 科学技術振興費 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト①首都圏でのプレート構造調査, 震源断層モデル等の構築等, 平成 19 年度成果報告書, 文部科学省研究開発局, 東京大学地震研究所.
- 平田 直編, 2009, 科学技術振興費 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト①首都圏でのプレート構造調査, 震源断層モデル等の構築等, 平成 20 年度成果報告書, 文部科学省研究開発局, 東京大学地震研究所.
- 平田 直・酒井慎一・佐藤比呂志・佐竹健治・額綱一起, 2009, 「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」の概要, 地震研究所彙報, **84**, 41-56.
- Igarashi, T., 2009, Seismic velocity discontinuities in the crust and uppermost mantle beneath the Kanto district, central Japan, identified from receiver function imaging and repeating earthquake activity, *Gondwana Research*, **16**, 3-4, 491-503.
- 石辺岳男・西山昭仁・佐竹健治・島崎邦彦, 2009a, 南関東で発生した M 7 級地震に対する既往研究とデータの整理—1894 年明治東京地震と 1895 年茨城県南部の地震, 地震研究所彙報, **84**, 149-182.
- 石辺岳男・西山昭仁・佐竹健治・島崎邦彦, 2009b, 南関東で発生した M 7 級地震に対する既往研究とデータの整理—1921 年茨城県南部の地震, 1922 年浦賀水道付近の地震および 1987 年千葉県東方沖地震, 地震研究所彙報, **84**, 183-212.
- 地震調査研究推進本部, 2004, 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価.
- 笠原敬司・酒井慎一・森田裕一・平田 直・鶴岡 弘・中川茂樹・楠城一嘉, 小原一成, 2010, 首都圏地震観測網 (MeSO-net) の展開, 地震研究所彙報, **84**, 71-88.
- 川北優子・酒井慎一, 2010, 首都圏地震観測網 (MeSO-net) で見られる様々なノイズ, 地震研究所彙報, **84**, 127-139.
- Kimura, H., K. Kasahara, T. Igarashi and N. Hirata, 2006, Repeating earthquake activities associated with the Philippine Sea plate subduction in the Kanto district, central Japan: A new plate configuration revealed by interplate aseismic slips, *Tectonophysics*, **417**, 1-2, 101-118.
- Matsubara, M., K. Obara, and K. Kasahara, 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.
- 森田裕一・酒井慎一・中川茂樹・笠原敬司・平田 直・鏡 弘道・加藤拓弥・佐藤峰司, 2010, 首都圏地震観測網 (MeSO-net) のデータ伝送方式について—自律協調型データ送信手順 (ACT protocol) の開発—, 地震研究所彙報, **84**, 89-105.
- 中川茂樹・鶴岡 弘・蔵下英司・酒井慎一, 2008, 観測点選定支援地図システムの開発, 地震研究所技術研究報告, **14**, 47-52.
- 中川茂樹・酒井慎一・蔵下英司・加藤愛太郎・萩原弘子・笠原敬司・棚田俊收, 小原一成, 平田 直, 2009a, 首都直下の不均質構造のイメージング (4), 日本地震学会秋季大会予稿集, P2-46.
- 中川茂樹・鶴岡 弘・川北優子・酒井慎一・平田 直, 2009b, 首都圏地震観測網データセンターの構築と運用, 地震研究所彙報, **84**, 107-114.
- Nakajima, J., F. Hirose, and A. Hasegawa, 2009, Seismotectonics beneath the Tokyo Metropolitan area, Japan: Effect of slab-slab contact and overlap on seismicity, *J. Geophys. Res.*, **114**, B08309, doi: 10.1029/2008JB006101.
- 坂上 実・平田 直・額綱一起, 2009, 首都直下地震防災・減災特別プロジェクトにおける東京湾第二海堡での地震観測点の設営について, 地震研究所技術研究報告, **15**, 1-19.
- 汐見勝彦・佐々木俊二・酒井慎一・笠原敬司・関根秀太郎・中川茂樹・小原一成・平田 直・棚田俊收, 2009, 地震動の長周期成分を用いた首都圏地震観測網 (MeSO-net) の設置方位推定, 地震研究所彙報, **84**, 115-125.
- 棚田俊收・杉原英和・本多 亮・原田昌武・行竹洋平・伊東博・吉田昭夫, 2009, 神奈川県温泉地学研究所アウトリーチ活動における首都直下地震防災・減災特別プロジェクトの紹介, 地震研究所彙報, **84**, 213-216.
- ト部 卓・束田進也, 1992, win—微小地震観測網波形観測支援のためのワークステーション・プログラム (強化版), 地震学会講演予稿集, No. 2, 331.
- 渡辺 晃, 1971, 近地地震のマグニチュード, 地震 2, **24**, 189-200.

(Received November 30, 2009)

(Accepted January 4, 2010)