

3. 研究報告

3. 1 地震計を用いた自然地震観測によるプレート構造調査

3. 1. 1 中感度地震観測によるプレート構造調査

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

首都圏に新たな中感度地震観測点を機動的に設置し、自然地震の稠密観測を行う。これにより、精度の高い震源分布や強震動予測に必要な地震波速度と非弾性常数の三次元的な分布を明らかにするとともに、プレート境界面の形状やプレート内における弱面の存在等を把握する。特に、フィリピン海プレート内部（スラブ内）の構造を解明する。

(b) 平成23年度業務目的

- 1) 平成22年度までに首都圏および東京湾に設置された249台中感度地震観測装置からなる観測網へ同装置47台を新たに追加して、合計296箇所における自然地震観測を行う。また、必要に応じて観測点の移設を行う。
- 2) 地震観測データ蓄積・公開装置を用いて国立大学法人東京大学地震研究所の「データ収集・処理・公開センター」の整備を進めて、引き続き1)の自然地震観測データを収集・処理する。あわせて、房総半島の観測点で得られる房総半島沖の地震データも収集する。また、必要に応じて移設を行う。
- 3) 2)で収集・整理されたデータをこれまでに国内で設置された既存観測点のデータと併せ、データ解析装置HDDおよび可搬型データ回収解析装置を用いて震源決定法・地震波トモグラフィ法・地震波干渉解析法等の手法を用いて、震源分布や非弾性常数の三次元的分布、首都圏下のプレート境界面の形状やプレート内における弱面の存在を把握する。
- 4) 2)および既往の地震観測データを総合的に整理・統合し、関東の地震カタログを利用可能な形でまとめる。
- 5) 1)～4)で得られた情報を震源断層モデル構築のために3.4.1強震動予測手法と地下構造モデルに関する調査研究に提供する。
- 6) 収集したデータを学校教育に活かすための教育者や研究者、教育行政関係者等と連絡組織の運営を行う。
- 7) 海外で開催される会議や学会に出席して最新の研究成果を発表し、各国から参加する研究者との議論を通じて、本プロジェクトの目標達成に有益な情報を収集するため、統計地震学国際ワークショップ（5月、ギリシア国）、国際測地学・地球物理学連合総会（6月、豪州）、アジア・大洋州地球科学学会（8月、台湾）、米国地球物理学連合秋季大会（12月、米国）などに出席する。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東京大学地震研究所	教授	平田 直	

東京大学地震研究所	特任教授	笠原 敬司	
東京大学地震研究所	教授	小原 一成	
東京大学地震研究所	教授	岩崎 貴哉	
東京大学地震研究所	教授	鷹野 澄	
東京大学地震研究所	教授	森田 裕一	
東京大学地震研究所	准教授	酒井 慎一	
東京大学地震研究所	准教授	飯高 隆	
東京大学地震研究所	准教授	卜部 卓	
東京大学地震研究所	准教授	鶴岡 弘	
東京大学地震研究所	特任助教	楠城 一嘉	
東京大学地震研究所	助教	蔵下 英司	
東京大学地震研究所	助教	五十嵐 俊博	
東京大学地震研究所	助教	加藤 愛太郎	
東京大学地震研究所	助教	大木 聖子	
東京大学地震研究所	助教	西田 究	
東京大学地震研究所	助教	中川 茂樹	
東京大学地震研究所	特任研究員	パナヨトプロ ス ヤニス	
東京大学地震研究所	技術専門職員	宮川 幸治	
東京大学地震研究所	技術職員	坂上 実	
東京大学地震研究所	技術職員	芹沢 正人	
東京大学地震研究所	学術支援職員	川北 優子	
宇都宮大学教育学部	教授	伊東 明彦	
桜美林大学	准教授	根本 泰雄	

(2) 平成23年度の成果

(a) 業務の要約

- 1) 平成22年度までに首都圏および東京湾に設置された249台の中感度地震観測装置からなる観測網へ同装置47台を新たに追加して、合計296箇所における自然地震観測を行った。
- 2) 地震観測データ蓄積・公開装置を用いて国立大学法人東京大学地震研究所の「データ収集・処理・公開センター」の整備を進めて、引き続き1)の自然地震観測データを収集・処理した。あわせて、房総半島の観測点で得られる房総半島沖の地震データも収集した。
- 3) 2)で収集・整理されたデータをこれまでに国内で設置された既存観測点のデータと併せ、データ解析装置HDDおよび可搬型データ回収解析装置を用いて震源決定法・地震波トモグラフィ法・地震波干渉解析法等の手法を用いて、震源分布や非弾性常数の三次元的分布、首都圏下のプレート境界面の形状やプレート内における弱面の存在を把握した。
- 4) 2)および既往の地震観測データを総合的に整理・統合し、関東の地震カタログを利用

可能な形でまとめた。

- 5) 1)～4)で得られた情報を震源断層モデル構築のために 3.4.1 強震動予測手法と地下構造モデルに関する調査研究に提供した。
- 6) 収集したデータを学校教育に活かすための教育者や研究者、教育行政関係者等と連絡組織の運営を行った。
- 7) 海外で開催される会議や学会に出席して最新の研究成果を発表し、各国から参加する研究者との議論を通じて、本プロジェクトの目標達成に有益な情報を収集するため、統計地震学国際ワークショップ（5月、ギリシア国）、国際測地学・地球物理学連合総会（6月、豪州）、アジア・大洋州地球科学学会（8月、台湾）、米国地球物理学連合秋季大会（12月、米国）などに出席した。

(b) 業務の成果

1) 中感度地震観測点の整備と自然地震観測

今年度は、東京都(6/64)、神奈川県(5/35)、千葉県(21/127)、茨城県(10/36)、埼玉県(5/29)に 47 観測点を設置した（表 1）。昨年度（平成 22 年度）までに 249 観測点が整備され、その観測点により 5 本の観測線が作られていた¹⁾。今年度は、首都圏全域に点在する観測点を設置した（図 1）。昨年度までに整備した観測点および今年度設置した観測点をあわせた 296 観測点で観測されたデータの収録を継続している。今年度の 47 観測点の内訳は、小学校が 39 箇所、中学校が 1 箇所、公園が 3 箇所、その他が 4 箇所である。その結果、全 296 観測点の内訳は、小学校が 207 箇所、中学校が 37 箇所、高校が 19 箇所、大学が 1 箇所、公園が 19 箇所、そのほか 13 箇所である。

今年度設置した観測点も、昨年度までと同じ仕様で設置された^{2)・3)}。深さ 20m のポアホールの中に三成分の加速度計を設置し、孔底でデジタルに変換し地上装置に送られ、インターネット網を利用して地震研究所のデータセンターで収集されている。観測点や回線状態によってデータが届かなかったときも、再送機能によって確実にデータが届けられるため、データの欠落が無く、24 時間 365 日の連続収録が達成できている^{4)・5)}。

2) データ解析

a) 震源分布

MeSO-net で収録したデータは、周辺のテレメータ観測点のデータ（東京大学地震研究所、気象庁、防災科技研、温泉地学研究所）と統合して、高精度処理に用いた。切り出す地震は、気象庁一元化処理震源カタログに基づき、以下の基準で選んだ。

- 北緯 34.5 度～37.0 度、東経 138.5 度～141.5 度、マグニチュード 2.5 以上

これらの地震に対し、各観測点の P 波到着時刻、S 波到着時刻、最大振幅、P 波初動振動方向を読み取り、震源決定を行った。2011 年 3 月 11 日から 10 月 13 日の期間に発生した 454 個の地震を切り出し、読み取りを行った（図 2）。読み取り数は P 相が 101,474 個、S 相が 62,523 個、最大振幅が 106,103 個、初動振動方向が 58,128 個である。震源決定には、昨年度までと同じ次元 P 波速度構造を使用した。またポアソン比を 1.73 と仮定して求めた S 波速度を用いた。

最初の震源決定後、観測走時と計算走時の差の平均値を基に観測点補正值を決定した。

観測点補正値を求めるために使用した地震は、東経 138 度から 141 度、北緯 34 度から 38 度、深さ 150km 以浅で発生した地震のうち、P 相、S 相ともに 50 個以上の読み取りのある 2010 年から 2011 年に発生した 816 イベントである。観測点補正値の分布図を以下に示す (図 3)。

b) 減衰構造

首都直下地域において沈み込むプレートの物質特性を得るため、減衰構造 (Q 構造) の計算を開始した。まず、震源から観測点までの地震波の減衰効果を表す指標である Q を求めた。観測された加速度波形を 2 回積分して変位波形にしてからスペクトルを求め、オメガ二乗 (ω^2) 震源モデルによる理論スペクトルをフィッティングさせた。このようにして求めたフィッティング曲線から得られるコーナー周波数は、観測点ごとに大きくばらつく。そこで、一つの地震に対して全ての観測点のスペクトルを平均したフィッティング曲線から見掛け上のコーナー周波数を推定した。そのコーナー周波数を用いて、観測点ごとに Q を求めた (図 4)。ひとつの地震に対してコーナー周波数は同一であるが、 Q は観測点ごとに異なることがわかる。

このようにして、観測点ごとの Q を求める場合、地震動がある程度大きくないと十分な精度で推定できない。そのために 2010 年 1 月 1 日から 2011 年 5 月 31 日までに発生した地震のうち、地表面での地震動が大きい地震 (計測震度相当値が 1.0 以上) 465 個を選択した (図 5)。これらの地震に対する観測点ごとに推定した Q を使って、SIMUL2000⁶⁾ を用いた減衰構造のトモグラフィ解析を行った。減衰構造の初期値は 500 にし、浅部は、深さ 5km で 200、深さ 0km で 50 にした。観測点間隔が比較的密である 3 本の測線 (つくば-藤沢測線、藤岡-九十九里測線、入間-銚子測線) に沿うようにモデルの格子点を配置していて、その間隔は、測線に平行な方向には 10km、測線に垂直な方向には 20km、深さ方向には 10km 間隔に置いた。これらの 3 種の格子点配置による解析の内、それぞれ測線直下の断面図を示す (図 6)。首都圏下に沈み込むフィリピン海プレートに起因すると考えられる減衰域が見られ、特に千葉県中央部の下では顕著な減衰域 (約 300) が存在する。この部分は、地震波トモグラフィによって得られた速度構造における高 V_p/V_s 領域と一致している。

c) トモグラフィ解析による地震波速度構造

MeSO-net で取得したデータ及び既存のデータを用いて、二重走時差トモグラフィ法 (Double-difference tomography) ⁷⁾ による走時データ・インバージョン解析を行い、関東下の地震波速度構造の推定を試みた。群列配置された観測網に本手法を適用して地震波速度構造を推定することは、Kato et al.^{8), 9), 10)} などの研究により、震源の相対走時の精度を向上させ結果として分解能の向上に寄与することが示されている。さらに、列状配置された観測網間も、地下深部であれば精度良く推定されることが示されている。

本解析は、基本的には Hagiwara et al.¹¹⁾ が房総半島を中心とした関東地方を対象領域として行ったトモグラフィ解析を参考にした。解析には、前項 a) で作成した MeSO-net および定常観測網の検測値データを利用した。また、観測点補正値として 3.2.1(2)b)1) で求められた値を走時データから差し引いて解析に用いるデータとした。

解析グリッドの水平位置は、東西方向 (X) と南北方向 (Y) に基本的には 10km 間隔 (外周部は一部 20km 間隔) となるようにグリッドを配置した。また、深さ方向 (Z) は、深

さ 10km から 60km までは 5km 間隔に、それ以深は 70、80、100、150km にグリッドを配置した (図 7)。インバージョン解析用の初期速度構造および初期 V_p/V_s として、防災科学技術研究所高感度地震観測網 (Hi-net) がルーチン処理で用いている構造¹²⁾を採用した。また初期震源要素は Hi-net により決定されたものを用いた。インバージョン解析に使用した地震数は計 1,958 個で、気象庁一元化処理震源カタログのうちマグニチュード 2 以上の地震に相当する。使用した走時データの内訳は、絶対走時データは P 波が 287,190 個、S 波が 246,843 個であり、二重走時差データは P 波が 656,375 個、S 波が 580,792 個である。トモグラフィにより得られた結果の特徴は次節で述べる。

d) 首都圏下のプレート境界面の形状

MeSO-net で取得したデータ及び既存のデータを用いて得られた関東下の地震波速度構造を元にして、首都圏下のプレート境界面の形状の推定を行った。首都圏下には、南からフィリピン海プレートが沈み込んでいて、その下には、東から太平洋プレートが沈み込んでいることが知られているが、既往研究でも、地震活動や地下構造の不均質等を元にして、これら 2 枚のプレートの形状が得られている。しかし、今回得られた成果は、過去のいずれの研究よりも格段に高精度であるため、それから得られるプレート形状においても、高精度・高分解能なものになった。

まず、得られた地震波速度 (V_p 、 V_s 、 V_p/V_s) の深さ断面図 (東西方向および南北方向) を 0.01 度ごとに作成し、その断面図にその範囲で発生している地震の震源分布を重ねた (図 8、図 9)。一般にプレート境界付近では、その上盤と下盤における地震波速度の不連続が存在するはずである。そして、プレート運動が継続していることから、その境界面に沿った低角逆断層型の地震の並びやくりかえし小地震の震源分布が存在すると考えられる。そのため、断面図上に発震機構解やくりかえし小地震も重ねて見た。これらの深さ断面図から、速度の不連続、低角逆断層型地震の分布、くりかえし小地震の分布が複数共通して存在するところをプレート境界面であるとみなした。さらに、フィリピン海プレートが海洋性地殻を伴ったまま沈み込んでいるとすると、その最上部には地殻のモホが存在するはずである。地殻の厚さが一様であると考えれば、既往の研究からその厚さは約 8 km であるため、プレート境界面の下約 8 km の部分にも速度不連続面が連続して見られるはずである。地震の並びが無くてもそのような速度の不連続があるところをモホとし、逆にその上 8 km にプレート境界が存在するはずであるとした。

一方、隣り合う断面図の範囲では、地震波速度に極端な違いが生じることはないと考えられるため、これまでに得られた切れ切れの不連続面を基にして、速度不連続が見られないところや地震活動のないところでも、周辺と連続的につながるような滑らかに変化する面を考え、プレート境界面の等深線を推定した (図 10)。この等深線は、東京湾で行われた反射法地震探査の結果 (図 11)、房総半島付近で行われた解析結果、茨城県南部における繰り返し小地震の分布による結果 (図 12) 等の最近の研究とも比較し、大きな矛盾が生じないようなものになっている。

e) 首都圏下で発生すると想定される地震の地震断層モデル

首都圏下には二つのプレートが沈み込んでいるため、発生する地震には様々なタイプが考えられるが、中央防災会議(2005)は 19 通りの地震を想定し、その地震による被害想定を行っていた。その中で最も被害者数や経済的被害が大きい地震は、東京湾北部の地震で

ある。この地震は、フィリピン海プレート上面の地震で、同じプレート境界型の地震である大正関東地震(M7.9)の震源域の北隣に位置する。本プロジェクトの成果であるフィリピン海プレート上面の深さ分布は、中央防災会議が想定した時点とは約 10 km 浅くなっている(図 13)。その結果、この東京湾北部の地震の地震断層面も浅くなるため、その地震動予測やそれによる被害想定も変わってくる可能性が高い。

この地域では、過去にゆっくり地震が発生したという報告もあるが、低角逆断層型の地震も発生していて、大地震が発生する可能性を否定できない。なお、得られた速度構造からは、この周辺地域の V_p/V_s が標準的な値であり、高速破壊を起こすことのできない物性であるとは言えない。従って、この地震断層面をフィリピン海プレート上面で発生する地震として、強震動の計算を行う断層モデルのひとつとした。

一方で、地震本部が、南関東地域で発生するマグニチュード7級の地震の発生確率を算出する際に用いた5つの地震は、本プロジェクトの成果によって、フィリピン海プレート内の地震もしくは太平洋プレート内の地震であることが分かった。最近、約120年間のM7級の地震がすべてプレート内で発生していたということから、今後もプレート内で少なからず地震が発生すると考えられる。そこで、フィリピン海プレート内で発生する地震に対しても、強震動の計算を行う必要があると考えた。

そこで、フィリピン海プレート上面の等深度面の形状に合わせて、上面から深さ15 kmの地点での速度構造を抽出してみた。このプレート内の速度分布に震源やメカニズム解を重ねてみると、千葉県中央部周辺に南北に分布する地震活動が存在する。その地域の東側には高 V_p/V_s 領域が広がっていて、標準的な値の領域との境界部には南北方向に走向をもった横ずれ型の地震が分布していて、この領域では大地震の発生する可能性がある。そこで、鉛直方向に断層面をもった横ずれ型の地震をプレート内で発生する地震断層モデルのひとつとした。高 V_p/V_s 領域の広がりから断層長を約30 kmとし、フィリピン海プレートの厚さを地震断層の幅の上限として、マグニチュードはM6.9とした(図14)。

3) 関東の地震カタログの整理

地震活動の特徴を調査する場合には、現在だけでなく過去の観測データも合わせた長期間のデータが必須であり、稠密観測網整備以前の地震観測情報を精査・整理して、当調査に使用可能か検討する必要がある。そのような地震のデータ源として関東地方においては以下が存在する：(a)東京大学地震研究所が関東の微小地震観測を目的として展開した観測網に基づく「地震研究所関東カタログ」(ERIカタログと呼ぶ)；(b)日本全土をカバーし、気象庁により決定されている「気象庁震源カタログ」(JMAカタログと呼ぶ)。(a)と(b)について事前調査を行った楠城他(2009)¹³⁾は、当調査に十分な品質の地震カタログであることを示した。昨年度は地震の震源情報に基づき整理したカタログを作成したが、本年度はより詳細なグルーピング・震源再決定処理を実施することにより、関東の地震カタログを統合・整理し、さらにそのカタログを簡単に利用可能となるようデータベース化した。

はじめに、2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生したことを踏まえ、関東地域で起きている現在進行中の地震活動を含むカタログを整理し、その結果として得た成果を報告する。ここでは主にJMAカタログを整理した結果を示すが、地震活動の詳細が必要な解析には、ERIカタログを整理した結果を示す。

カタログの統合は以下のようなグルーピング処理と震源再決定により実施した。まず、2つのカタログにある同一の地震を見つけ、2つのカタログに含まれる検測値データをマージし震源再決定処理を行った。また、個別のカタログだけに収録された地震についても同様の処理を行い、地震カタログを整理・統合した。

実際には、以下のようなグルーピング処理を行った。両カタログに収録された同一視できる地震の位置(x_{JMA} , x_{ERI})、発生時刻(t_{JMA} , t_{ERI})、マグニチュード(M_{JMA} , M_{ERI})は近いはずであり、同一視される地震のペアを、計算機を用いて自動的に識別させる。そこで、地震発生時刻差 ΔT ($= t_{JMA} - t_{ERI}$) の絶対値、震央間距離 ΔD ($= |x_{JMA} - x_{ERI}|$)、マグニチュード差 ΔM ($= M_{JMA} - M_{ERI}$) の絶対値について、ある閾値 (それぞれ、 ΔT_c 、 ΔD_c 、 ΔM_c) より小さい値の地震のペアが候補であるとする。もし複数の候補があるならば、 ΔT が最も小さい値の地震のペアを統合の対象とする。ペアを作らない地震は、ERI カタログだけに収録された地震もしくは、JMA カタログだけに収録された地震とした。

閾値を小さくすると、データ統合の対象となるべき地震を取りこぼす可能性が大きくなる一方で、閾値が大ききときには、無関係の地震のペアを統合の候補に加えてしまう。いくつかの閾値の組み合わせを試し、その中で最適と思われる組み合わせ ($\Delta T_c=5$ 秒、 $\Delta D_c=30$ 秒、 $\Delta M_c=2$) での、 ΔT 、 ΔD 、及び ΔM の頻度分布を図 15 に示す。この解析では、1997年8月に起きた、北緯 33.5-38.0°、東経 137.5-142.5°以内の全地震を用いた。 $|\Delta T| \leq 2$ 秒が最頻値であり、統合の対象となる地震のペアに時間差は数秒程度のケースが多い (図 15a)。 ΔD についての最頻値は $\Delta D \leq 10 \sim 15$ km である (図 15b)。つまり、統合の対象となる地震のペアの震央間距離は 10~15km 以内であるケースが多い。 ΔM の頻度分布は、約 $\Delta M = -1 \sim 0$ が最頻値であることを示す (図 15c)。系統的に M_{JMA} が M_{ERI} に比べて小さいが、分布の広がりには閾値によって定義される範囲 ($-2 \leq \Delta M \leq 2$) の中にある。図 15 の結果から、 $\Delta T_c=5$ 秒、 $\Delta D_c=30$ 秒、 $\Delta M_c=2$ の組み合わせを使って、統合対象となる地震のペアの判別を行った。

上記でグルーピングの対象となった地震のペアについて検測値をマージし、hypomh (Hirata and Matsu'ura, 1987) 14)を用いて震源再決定 (マグニチュード・発生時刻の再決定も含む) を行った。この震源決定には、速度構造の情報が必要なので、地震研究所が関東地域で現在使用しているものを使った。同じ震源決定プログラムを用いて、ERI カタログおよび JMA カタログだけに収録された地震の震源再決定を行った。

図 16a は、北緯 33.5-38.0°、東経 137.5-142.5°、深さ 130km 以浅で 1997-1998 年に起きた JMA カタログに収録された地震 (赤点) と ERI カタログに収録された地震 (青点) を示す。このデータをもとに統合した 11,756 地震 ($M \geq -1$) を図 16b に示す。ERI カタログには収録されていないが JMA カタログに収録されている 6,442 地震を図 16c に示す。同様に、図 16d は ERI カタログだけに収録されている 12,592 地震を示す。

このように図示できたことは、データを統合・整理した関東の地震カタログが利用可能な形でまとまったことを示している。

図 17 は、東北地震地方太平洋沖地震前後の地震活動 ($M \geq 3$) を示す。左図は 2006 年 1 月 1 日から 2011 年 3 月 10 日までの 530 地震。右図は 2011 年 3 月 11 日から 2011 年 9 月 29 日までの 355 地震。1 日当たりの地震数が約 0.28 個から 1.75 個に上昇している。つまり、地震活動が約 6.2 倍活発化したことを示す。

図 18 は、関東地域の地震（深さ $d = 0-100$ km）の規模別頻度分布を示す。1 年あたりに発生する地震の累積頻度をマグニチュードの関数としてプロットした。データから余震を取り除く（デクラスタリング作業）事前処理を行っていない。シンボルの違いは、地震の発生期間の違いを表す。 $M7$ 級の地震の発生確率が 30 年間で 70% であるならば（その期待値を星印で示す）、東北地方太平洋沖地震発生以前に起きた地震の規模別頻度分布からの推定と調和的である。一方、東北地方太平洋沖地震以後に地震活動が活発になったが（白ぬき丸）、 b 値（約 $b=0.7$ ）は地震以前とほぼ同じである。

図 19 は、関東地域における地震活動の時間変化を示す。1 年あたりの地震数（ λ ）を、東北地方太平洋沖地震からの経過時間（ t : 単位は年）の関数として両対数グラフにプロットした。 $M \geq 3$ と $M \geq 4$ のデータを、それぞれ○点と□点で表す。曲線は大森・宇津公式（ $c=0.5$ 日）を仮定している。解析対象となる地震の下限の M が小さいほど、地震数は多くなるので、曲線は上方にシフトする。最適の p 値は $p=0.5$ で、通常値（ $p=1$ ）と比べると小さい。これは地震活動の減衰が通常よりゆっくりであることを示す。縦点線は現在（2011 年 9 月 16 日）と 30 年後（2041 年 9 月 16 日）を表す。

図 20 は、関東地域の $M6.7-7.2$ の地震発生確率を現在（2011 年 9 月 16 日）からの経過時間の長さでプロットした。ここでは、図 19 に従い、大森・宇津公式（ $p=0.5$ 、 $c=0.5$ 日）に従って地震活動が減衰することを仮定した。さらに確率へ変換するために、非定常ポアソン過程を仮定した。この活動度が続くと、その時点での 4 年間での発生確率は約 70%（点線）になるが、時間の経過と共に、70% に達する年数は長くなっていく。ただし、この値は b 値や p 値等の見積もりによって大きく変動し、誤差の大きいものである。

図 21 と図 22 は、東北地方太平洋沖地震前後での関東地域の地震活動の変化を示す。両図において、色は地震前後で何倍地震活動が増えたかを示す。図 21 左パネル及び右パネルはそれぞれ深さ 50km、70km での変化を示す。顕著な増加は、フィリピン海プレート上面と太平洋プレート上面で見られる。図 22 左パネルは東経 140.1° での南北断面を示す。図 22 右上パネル・右下パネルは、それぞれ北緯 36.1° と 35.7° での東西断面を示す。プレート境界付近で地震が増加していることを示しており、図 21 と調和的である。実際、ほとんどの地震の震源メカニズムは、プレート境界面を示唆する逆断層型である。このことから、プレート間の運動が進行中であることが示唆される。ここでは、詳細な地震活動情報が必要なため、ERI カタログを整理して、震源再決定を行い、その地震を解析して、図 21 と図 22 を作成した。整理・統合された震源カタログについては、データベース化を行い、Web による GUI のインタフェースを用いて、簡単な検索と地震活動解析ができるようになっている。図 23 にそのソフトウェアのスナップショットを示した。

以上のような結果が得られるのは、関東地域で起きている現在進行中の地震活動を含む JMA カタログ及び ERI カタログを統合・整理したことによる。

4) 学校教育への活用

平成 23 年度も地震計設置場所として主に学校を選択した。今年度設置の 47 観測点の内、小学校が 39 箇所、中学校が 1 箇所である。その結果、この 5 年間で設置した 296 観測点のうち、264 か所（約 9 割）を学校にした。学校には、広いグラウンドがあるため地震計の設置に適しているという理由だけでなく、地震観測点があるということそのものが生徒た

ちの興味を引き、理科教育や防災教育に役立てられることを狙いとしている。このために「MeSO-net@スクール」(事務局:東京大学地震研究所)という組織を引き続き運営した。

学校に地震計を設置するに当たり、市区町村の教育委員会の協力を得て、どのようなことが理科教育や防災教育に必要なのかを学校の先生たちと相談した。その中で、このMeSO-netのデータがどのようなものなのか、誰でも簡単に知ることができるシステムとして「@スクール 地震学」というウェブを運用している。このウェブにより、地震計を設置した学校では、地震波形や環境測定値(温度・気圧)をいつでも見ることができる。このようにしてつながりのできた学校の先生たちと、情報交換できる仕組みとして、メイリングリストを作った。そこでは、日々の地震データの情報交換や、今後の教育向けのコンテンツの開発に関する情報交換を行った。

また、2012年2月に小平第九小学校(図24)と2012年1月に下総公民館において、出前授業および講演会を行い、MeSO-netのデータを児童や周辺の住民に紹介した。

(c) 結論ならびに今後の課題

平成23年度は、東京都、神奈川県、千葉県、茨城県、埼玉県の47か所に地震観測点を設置した。これまでに設置した観測点とこれらの観測点とを統合し、周辺の観測点と共に観測された地震波を用いて震源決定を行った。そのデータを用いて、地震波トモグラフィ解析を行い、地震波速度構造を求めた。その速度構造から、首都圏下のプレート境界面の形状やプレート内の弱面の存在を明らかにした。この新たなプレート境界面や速度構造および反射法地震探査の結果や過去の地震の類型化などの成果に基づき、首都圏下で発生する地震を想定し、地震断層モデルを作成した。

(d) 引用文献

- 1) 平田直, 酒井慎一, 佐藤比呂志, 佐竹健治, 瀨瀬一起: 「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, Vol. 84, pp. 41-56, 2009.
- 2) 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: 首都圏地震観測網(MeSO-net)の展開, 地震研究所彙報, Vol. 84, pp. 71-88, 2009.
- 3) 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: 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, Vol. 84, 8pp. 9-106, 2009.
- 4) 中川茂樹, 鶴岡弘, 川北優子, 酒井慎一, 平田直: 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, Vol. 84, pp. 107-114, 2009.
- 5) 川北優子, 酒井慎一: 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, Vol. 84, pp. 127-140, 2009.
- 6) Thurber, C. and D. Eberhart-Phillips: Local earthquake tomography with flexible gridding, *Comp. Geosci.*, 25, 809-818, 1999.
- 7) Zhang, H. and C. Thurber: Double-difference tomography: The method and its application to the Hayward fault, California, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, Vol. 93, pp. 1875-1889, 2003.

- 8) Kato, A., E. Kurashimo, T. Igarashi, S. Sakai, T. Iidaka, M. Shinohara, T. Kanazawa, T. Yamada, N. Hirata, and T. Iwasaki: Reactivation of ancient rift systems triggers devastating intraplate earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 36, L05301, doi:10.1029/2008GL036450, 2009.
- 9) Kato, A., S. Sakai, E. Kurashimo, T. Igarashi, T. Iidaka, N. Hirata, T. Iwasaki, T. Kanazawa, and Group for the aftershock observations of the 2007 Niigataken Chuetsu-oki Earthquake: Imaging heterogeneous velocity structures and complex aftershock distributions in the source region of the 2007 Niigataken Chuetsu-oki Earthquake by a dense seismic observation, *Earth Planets Space*, Vol. 60, pp. 1111-1116, 2008a.
- 10) Kato, A., S. Sakai, T. Iidaka, T. Iwasaki, E. Kurashimo, T. Igarashi, N. Hirata, T. Kanazawa, and Group for the aftershock observations of the 2007 Noto Hanto Earthquake: Three-dimensional velocity structure in the source region of the Noto Hanto Earthquake in 2007 imaged by a dense seismic observation, *Earth Planets Space*, Vol. 60, pp. 105-110, 2008b.
- 11) Hagiwara, H., T. Igarashi, N. Hirata, and S. Sakai, Velocity structure in the Kanto Region from dense array observation: A new configuration of the Philippine Sea plate, AGU 2006 Fall Meeting, 2006.
- 12) 鶴川元雄, 石田瑞穂, 松村正三, 笠原敬司: 関東・東海地域地震観測網による震源決定方法について, *国立防災科学技術センター研究速報*, Vol. 35, pp. 1-88, 1984.
- 13) 楠城一嘉, 鶴岡 弘, 笠原敬司, 酒井慎一, 平田 直, 小原一成: 首都圏の地震カタログの統合へ向けた品質評価, *地震研究所彙報*, Vol. 84, pp. 141-148, 2009.
- 14) Hirata, N. and M. Matsu'ura: Maximum-likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using nonlinear inversion technique, *Phys. Earth Planet. Int.*, Vol. 47, pp. 50-61, 1987.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所（学会等名）	発表時期	国際・国内の別
首都圏地震観測網 MeSO-netで観測される太平洋プレートからの反射波（口頭）	小原一成、平田直、笠原敬司、酒井慎一、パナヨトプロスヤニス、中川茂樹、木村尚紀、明田川保	日本地球惑星科学連合2011年大会（千葉市）	平成23年5月	国内
首都圏地震観測網 (MeSO-net:	笠原敬司、酒井慎一、中川茂樹、楠	日本地球惑星科学連合2011年大会	平成23年5月	国内

Metropolitan Seismic Observation network)について (ポスター)	城一嘉、パナヨトプロスヤニス、森田裕一、鶴岡弘、小原一成、平田直、木村尚紀、明田川保、伊東明彦	(千葉市)		
地震発生予測検証実験：関東を予測地域とした実験の結果 (ポスター)	楠城一嘉、鶴岡弘、横井佐代子、平田直	日本地球惑星科学連合2011年大会 (千葉市)	平成23年5月	国内
稠密地震観測による首都圏の不均質な震度分布 (口頭)	酒井慎一、中川茂樹、楠城一嘉、笠原敬司、パナヨトプロスヤニス、鶴岡弘、蔵下英司、小原一成、平田直、木村尚紀、明田川保	日本地球惑星科学連合2011年大会 (千葉市)	平成23年5月	国内
日本地震発生予測検証実験：概要と結果 (口頭)	楠城一嘉、鶴岡弘、横井佐代子、平田直	日本地球惑星科学連合2011年大会 (千葉市)	平成23年5月	国内
観測点間の走時差を用いた震源決定法：2004年新潟県中越地震と2010年千葉県北東部の地震への適用 (口頭)	酒井和紀、八木勇治、深畑幸俊、酒井慎一、中川茂樹、平田直、木村尚紀、明田川保	日本地球惑星科学連合2011年大会 (千葉市)	平成23年5月	国内
How do waves attenuate under urban areas?: Insight from the Tokyo Metropolitan Seismic Observation network (MeSO-net) (口頭)	パナヨトプロスヤニス、酒井慎一、中川茂樹、笠原敬司、平田直、明田川保、木村尚紀	日本地球惑星科学連合2011年大会 (千葉市)	平成23年5月	国内
地震波干渉法による首都圏の地震基盤のS波反射強度の推定 (口頭)	吉本和生、平田直、笠原敬司、小原一成、佐藤比呂志、酒井慎一、鶴岡弘、中川茂樹、木村尚紀、棚田俊收、明田川保、中原恒、木下繁夫	日本地球惑星科学連合2011年大会 (千葉市)	平成23年5月	国内

H/Vスペクトル比の逆解析による首都圏深部地下構造の初期推定（口頭）	津野靖士、山中浩明、酒井慎一、平田直、笠原敬司、木村尚紀、明田川保	日本地球惑星科学連合2011年大会（千葉市）	平成23年5月	国内
首都圏地震観測網（MeSO-net）でとらえた変換波より推定される房総半島下のプレート構造(その2)（口頭）	木村尚紀、武田哲也、小原一成、酒井慎一、笠原敬司、平田直	日本地球惑星科学連合2011年大会（千葉市）	平成23年5月	国内
深部低周波微動カタログの性能評価と規模別頻度分布（口頭）	楠城一嘉、小原一成、松澤孝紀、Enescu Bogdan、前田拓人、笠原敬司、平田直	日本地球惑星科学連合2011年大会（千葉市）	平成23年5月	国内
Recent progress of the CSEP earthquake forecast testing experiment in Japan: strategy and preliminary results of testing against the aftershock sequence of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake（口頭）	K. Z. Nanjo, S. Yokoi, H. Tsuruoka, D. Schorlemmer, G. Falcone, N. Hirata, Y. Ogata, and J. Zhuang	Seismological Society of America, 2011 Annual Meeting（Memphis, USA）	平成23年4月	国際
Collaboratory for the predictability study of the aftershock sequence following the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake: A preliminary result（口頭）	K. Nanjo	APEC Cooperation for Earthquake Simulation (ACES) Workshop on Advances in Simulation of Multihazards (Maui, Hawaii)	平成23年4月	国際
CSEP Testing Centre and the first results of the earthquake forecast	N. Hirata, H. Tsuruoka, and K. Z. Nanjo	STATSEI 7 - 7th International Workshop on	平成23年5月	国際

testing experiment in Japan (口頭)		Statistical Seismology (Santorini, Greece)		
How Do Waves Attenuate Under Urban Areas? – Towards real time estimation of maximum amplitude on the Tokyo Metropolitan Seismic Observation Network (MeSO-net) (ポスター)	Y. Panayotopoulos, N. Hirata, H. Tsuruoka, S. Sakai, S. Nakagawa, K. Kasahara, T. Aketagawa, and H. Kimura	STATSEI 7 - 7th International Workshop on Statistical Seismology (Santorini, Greece)	平成23年5月	国際
Overview of Japanese CSEP Testing Center and its Performance for the Earthquake Forecast Testing Experiment (口頭)	N. Hirata, H. Tsuruoka, K. Nanjo, and S. Yokoi	IUGG 2011 (Melbourne, Australia)	平成23年6月	国際
How Do Waves Attenuate Under Urban Areas? – Insight From The Tokyo Metropolitan Seismic Observation Network (Meso-Net) (ポスター)	Y. Panayotopoulos, S. Sakai, S. Nakagawa, K. Kasahara, N. Hirata, et al.	IUGG 2011 (Melbourne, Australia)	平成23年6月	国際
Fine seismic structure around the Atotsugawa fault revealed by seismic refraction and reflection experiments (口頭)	T. Iidaka, T. Iwasaki, E. Kurashimo, A. Kato, F. Yamazaki, et al.	IUGG 2011 (Melbourne, Australia)	平成23年6月	国際
MeSO-net で見えてきたフィリピン海プレートの構造 (口頭)	酒井慎一、中川茂樹、笠原敬司、楠城一嘉、蔵下英司、ヤニスパナヨトプロス、加藤愛太郎、小原一成、佐	日本地震学会 2011年秋季大会 (静岡市)	平成23年10月	国内

	藤比呂志、平田直、明田川保、木村尚紀			
MeSO-net のデータから明らかになった2011年東北地方太平洋沖地震の広帯域破壊伝播イメージ(2)(ポスター)	本多亮、行竹洋平、原田昌武、伊東博、明田川保、吉田明夫、酒井慎一、中川茂樹、平田直、小原一成、木村尚紀、松原誠	日本地震学会 2011年秋季大会 (静岡市)	平成23年 10月	国内
関東盆地直下の沈み込み帯のP波減衰構造(ポスター)	パナヨトプロスヤニス、酒井慎一、中川茂樹、笠原敬司、平田直、明田川保、木村尚紀	日本地震学会 2011年秋季大会 (静岡市)	平成23年 10月	国内
首都圏北東部の制御震源地殻構造調査(ポスター)	中川茂樹、蔵下英司、パナヨトプロスヤニス、楠城一嘉、酒井慎一、小寺祐貴、笠原敬司、平田直	日本地震学会 2011年秋季大会 (静岡市)	平成23年 10月	国内
首都圏地震観測網(MeSO-net)(ポスター)	笠原敬司、酒井慎一、中川茂樹、楠城一嘉、パナヨトプロスヤニス、森田裕一、鶴岡弘、蔵下英司、小原一成、平田直、木村尚紀、明田川保、伊東明彦	日本地震学会 2011年秋季大会 (静岡市)	平成23年 10月	国内
首都圏およびその周辺地域で観測された2011年東北地方太平洋沖地震(Mw 9.0)の地震動分布(ポスター)	津野靖士、翠川三郎、山中浩明、三浦弘之、酒井慎一、平田直、笠原敬司、木村尚紀、明田川保	日本地震学会 2011年秋季大会 (静岡市)	平成23年 10月	国内
平成23年東北地方太平	楠城一嘉、平田	日本地震学会	平成23年	国内

洋沖地震の震源域におけるb 値の時空間変化と地殻内応力推定 (ポスター)	直、小原一成、笠原敬司	2011年秋季大会 (静岡市)	10月	
日本の地殻内応力状態の推定を目指して (口頭)	楠城一嘉、堀高峰、庄建倉	日本地震学会 2011年秋季大会 (静岡市)	平成23年 10月	国内
Quasi-static slips preceding to the Mw9.0 Tohoku-oki Earthquake (ポスター)	A. Kato, K. Obara, T. Igarashi, H. Tsuruoka, S. Nakagawa, and N. Hirata	American Geophysical Union, Fall Meeting 2011 (SanFrancisco, USA)	平成23年 12月	国際
A Broad-band rupture image of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake (ポスター)	R. Honda, Y. Yukutake, H. Ito, M. Harada, T. Aketagawa, A. Yoshida, S. Sakai, S. Nakagawa, N. Hirata, K. Obara, H. Kimura, and M. Matsubara	American Geophysical Union, Fall Meeting 2011 (SanFrancisco, USA)	平成23年 12月	国際
The MeSO-net (Metropolitan Seismic Observation network) confronts the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Japan (Mw 9.0) (ポスター)	K. Kasahara, S. Nakagawa, S. Sakai, K. Nanjo; Y. Panayotopoulos, Y. Morita, H. Tsuruoka, E. Kurashimo, K. Obara, N. Hirata, T. Aketagawa, and H. Kimura	American Geophysical Union, Fall Meeting 2011 (SanFrancisco, USA)	平成23年 12月	国際
The Gutenberg-Richter b value: Precursors to the M9-class 2011 Tohoku and 2004	K. Nanjo, N. Hirata, K. Obara, and K. Kasahara	American Geophysical Union, Fall Meeting 2011	平成23年 12月	国際

Sumatra quakes (ポスター)		(SanFrancisco, USA)		
Impact of the 2001 Tohoku-oki earthquake to Tokyo Metropolitan area observed by the Metropolitan Seismic Observation network (MeSO-net) (ポスター)	N. Hirata, H. Hayashi, S. Nakagawa, S. Sakai, R. Honda, K. Kasahara, K. Obara, T. Aketagawa, H. Kimura, H. Sato, and D. A. Okaya	American Geophysical Union, Fall Meeting 2011 (SanFrancisco, USA)	平成23年 12月	国際
Overview of Earthquake Disaster Mitigation Project in Tokyo Metropolitan and Urban Areas: Past, Current, and the Next Project (口頭)	N. Hirata	SCEC-ERI meeting (Stanford, USA)	平成23年 12月	国際
Slow earthquakes in Japan (口頭)	K. Obara	SCEC-ERI meeting (Stanford, USA)	平成23年 12月	国際
Possibility of M7+ Earthquake in Tokyo Metropolitan Area: Structure and Seismicity (口頭)	S. Sakai	SCEC-ERI meeting (Stanford, USA)	平成23年 12月	国際
Premonitory Propagation of Tohoku Earthquake (口頭)	A. Kato	SCEC-ERI meeting (Stanford, USA)	平成23年 12月	国際
The Gutenberg-Richter b value: Precursors to the Giant Earthquakes (口頭)	K. Nanjo	SCEC-ERI meeting (Stanford, USA)	平成23年 12月	国際
Metropolitan Seismic Observation Network in Five Years (ポスター)	K. Kasahara	SCEC-ERI meeting (Stanford, USA)	平成23年 12月	国際
Velocity Structure	S. Nakagawa	SCEC-ERI	平成23年	国際

beneath Tokyo Metropolitan Area (ポスター)		meeting (Stanford, USA)	12月	
Attenuation Structure beneath Tokyo Metropolitan Area (口頭)	Y. Panayotopoulos	SCEC-ERI meeting (Stanford, USA)	平成23年12月	国際

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文 (論文題目)	発表者氏名	発表場所 (雑誌等名)	発表時期	国際・国内の別
A complex rupture image of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake revealed by the MeSO-net	R. Honda, Y. Yukutake, H. Ito, M. Harada, T. Aketagawa, A. Yoshida, S. Sakai, S. Nakagawa, N. Hirata, K. Obara, H. Kimura.	Earth Planets Space	2011年8月	国際

マスコミ等における報道・掲載

報道・掲載された成果 (記事タイトル)	対応者氏名	報道・掲載機関 (新聞名・TV名)	発表時期	国際・国内の別
Chances of big quake below Tokyo rising	平田直	Daily Yomiuri	2011年8月	国際
首都圏で「境界型」地震増 巨大化の恐れもプレートに震災影響	平田直	読売新聞	2011年8月	国内
首都圏に巨大地震は起こるか?	平田直 酒井慎一	BSフジ	2011年9月	国内

(f) 特許出願, ソフトウェア開発, 仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

表 1. 平成 23 年度に設置した観測点一覧。

番号	コード	名前	住所	北緯	東経
YN20	E.AZMM	あずま東小学校	茨城県稲敷市佐原下手口	35.92722	140.46063
YN22	E.NBKM	延方小学校	茨城県潮来市小泉	35.95779	140.58080
W133	E.FRAM	取手市ふれあ いの郷	茨城県取手市下高井	35.92528	140.04380
W148	E.U1CM	牛久第一中学 校	茨城県牛久市柏田町	35.97651	140.15609
W183	E.JUWM	十和小学校	茨城県つくばみらい市上長沼	36.01176	140.01286
W215	E.JNUM	城ノ内小学校	茨城県龍ケ崎市城ノ内	35.92043	140.21615
W217	E.AM1M	阿見第一小学 校	茨城県稲敷郡阿見町岡崎	36.03870	140.21924
W221	E.SKYM	逆井山小学校	茨城県坂東市逆井	36.13406	139.86420
W245	E.NSOM	長竿小学校	茨城県稲敷郡河内町長竿	35.88585	140.27730
W277	E.SMNM	島名小学校	茨城県つくば市島名	36.07075	140.04813
DD34	E.MNYM	源幼稚園	千葉県東金市極楽寺	35.61141	140.32286
YN16	E.OMSM	大森小学校	千葉県印西市大森	35.83605	140.14058
YN17	E.FKMM	布鎌小学校	千葉県印旛郡栄町請方	35.84885	140.19645
YN19	E.KNZZ	神崎小学校	千葉県香取郡神崎町神崎本宿	35.90115	140.40047
YN21	E.SSSM	新島小学校	千葉県香取市加藤洲	35.92794	140.54095
W118	E.FTKM	二ツ塚小学校	千葉県野田市二ツ塚	35.93870	139.90971
W150	E.YRPM	養老川臨海公 園	千葉縣市原市五井南海岸	35.54193	140.05994
W171	E.NGOM	中郷小学校	千葉県木更津市井尻	35.40574	139.97198
W205	E.YNDM	吉野田保育所	千葉県袖ヶ浦市吉野田	35.36544	140.00857
W206	E.OBTM	小櫃小学校	千葉県君津市俵田	35.32118	140.06069
W210	E.KYTM	小谷小学校	千葉県千葉市緑区おゆみ野	35.55538	140.18190
W212	E.SRGM	白銀小学校	千葉県佐倉市白銀	35.71478	140.24769
W242	E.KOYM	浩養小学校	千葉県富里市十倉	35.69372	140.33824
W243	E.MBYM	前林小学校	千葉県成田市前林	35.80177	140.43372
W244	E.NSKM	下総公民館	千葉県成田市高岡	35.87431	140.35567
W321	E.NKDM	新木戸小学校	千葉県八千代市緑が丘	35.72545	140.07116
W322	E.KZ2M	久住第二小学 校	千葉県成田市大室	35.83401	140.37508
W330	E.TNRM	豊成小学校	千葉県東金市関内	35.56833	140.41626
W336	E.TREM	鶴枝小学校	千葉県茂原市上永吉	35.39432	140.29796
W339	E.NSHM	西畑小学校	千葉県夷隅郡大多喜町松尾	35.25212	140.21571

番号	コード	名前	住所	北緯	東経
W342	E.YUKM	平岡小学校幽 谷分校	千葉県袖ヶ浦市川原井	35.41158	140.06859
W120	E.KYNM	川柳公園	埼玉県越谷市川柳町	35.86311	139.81387
W159	E.HSBM	宝珠花小学校	埼玉県春日部市西宝珠花	36.03227	139.81016
W164	E.OHYM	大谷小学校	埼玉県さいたま市見沼区大谷	35.92210	139.66537
W280	E.OYMM	大山小学校	埼玉県南埼玉郡白岡町荒井新田	36.04346	139.61691
W281	E.HRMM	原道小学校	埼玉県加須市細間	36.15832	139.65018
W311	E.KM5M	狛江第五小学 校	東京都狛江市東野川	35.64413	139.58220
W049	E.KMTM	蒲田小学校	東京都大田区蒲田	35.56394	139.72048
W166	E.KMNM	南小学校	東京都小金井市前原町	35.69084	139.51310
W194	E.MGRM	回田小学校	東京都東村山市廻田町	35.75944	139.4461
W303	E.KHBM	九品仏小学校	東京都世田谷区奥沢	35.60286	139.66039
W313	E.OOYM	大山小学校	東京都立川市上砂町	35.71903	139.39006
W115	E.SKCM	下小田中小学 校	神奈川県川崎市中原区下小田中	35.57126	139.64050
W134	E.ONMM	大沼小学校	神奈川県相模原市南区東大沼	35.53955	139.41970
W169	E.KWWM	川和東小学校	神奈川県横浜市都筑区富士見が 丘	35.53235	139.55859
W190	E.HONM	東扇島西公園	神奈川県川崎市川崎区東扇島	35.48653	139.74438
W312	E.SYSM	瀬谷さくら小学 校	神奈川県横浜市瀬谷区下瀬谷	35.45183	139.48155

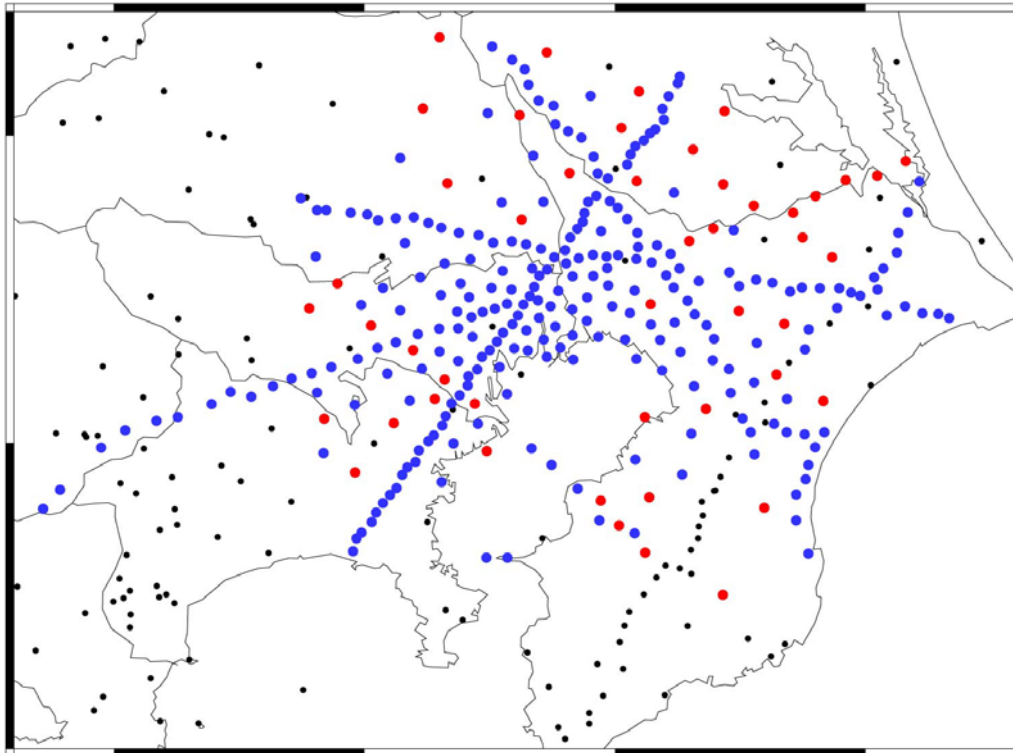


図1 MeSO-net 観測点分布
 (赤：2011年度設置、青：2007～2010年度設置、黒：既存テレメータ観測点)。

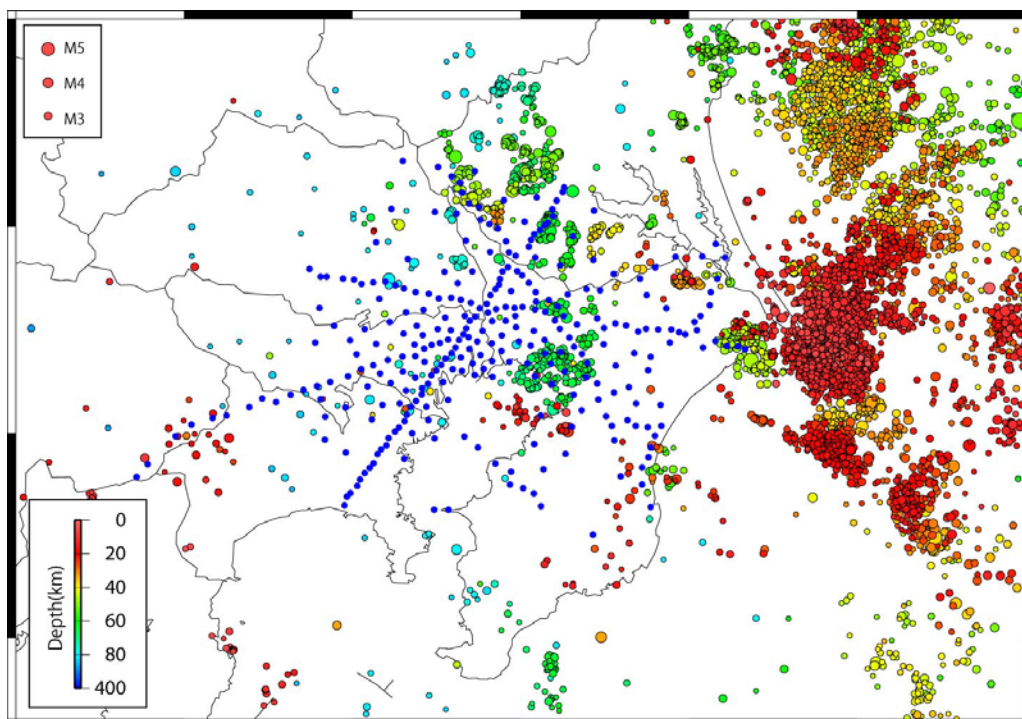


図2 MeSO-net で観測した震源分布 (2011年4月～2011年10月、M2以上)。

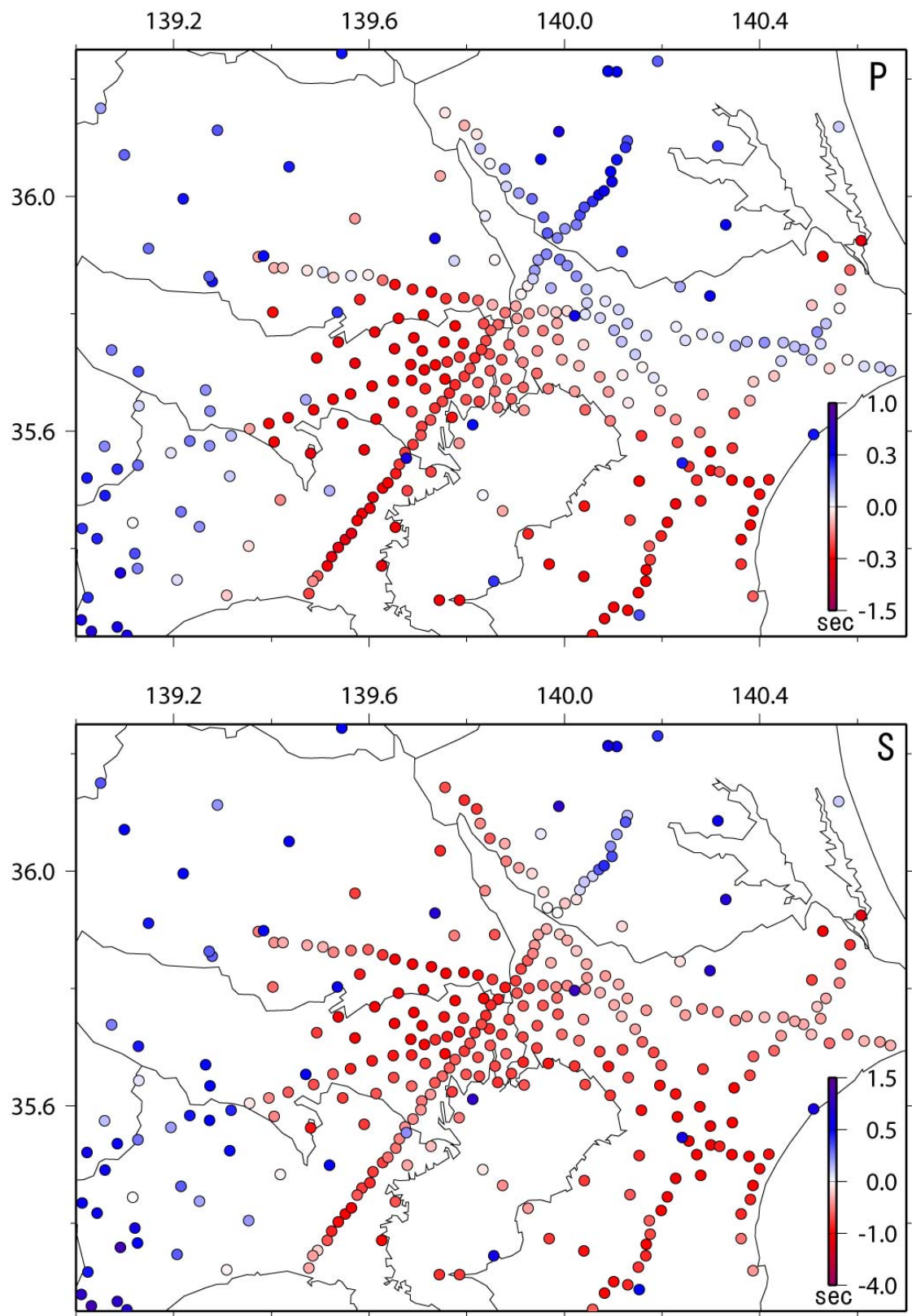


図3 観測点補正値の分布（上図：P波、下図：S波）。

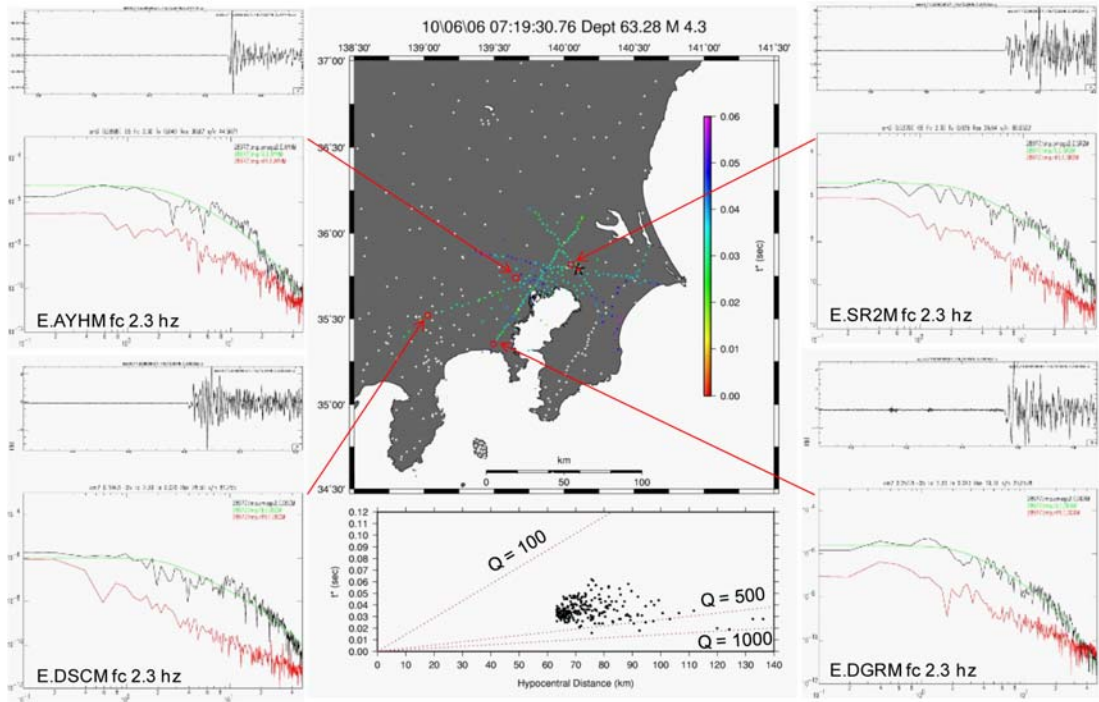


図 4 観測点ごとに求めた t^* の例。ほとんどの値が 100~500 の範囲にある。

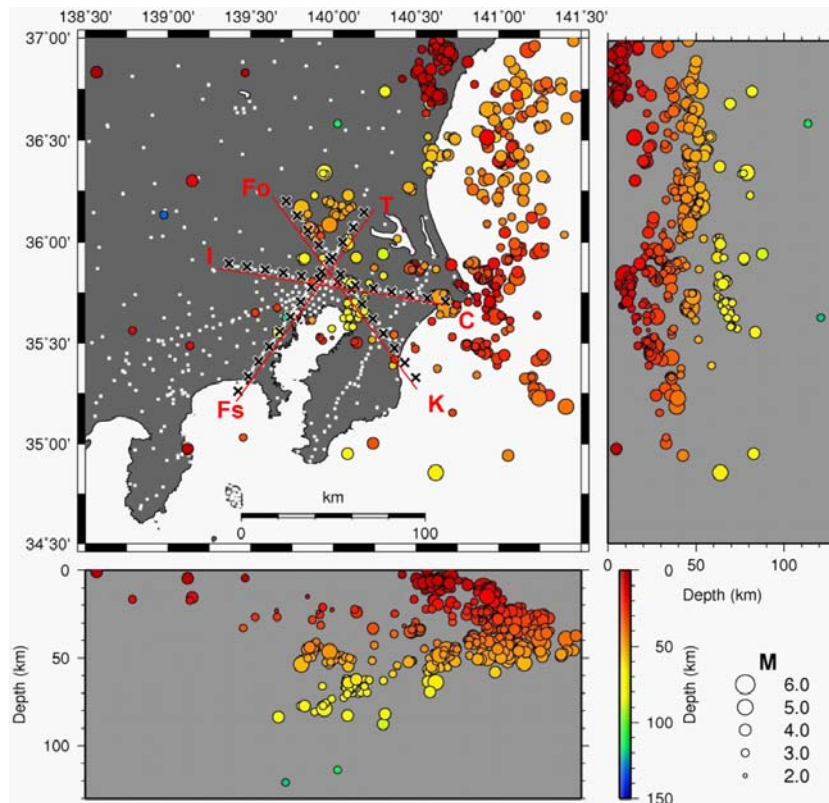


図 5 t^* を求めるのに利用した震源分布。

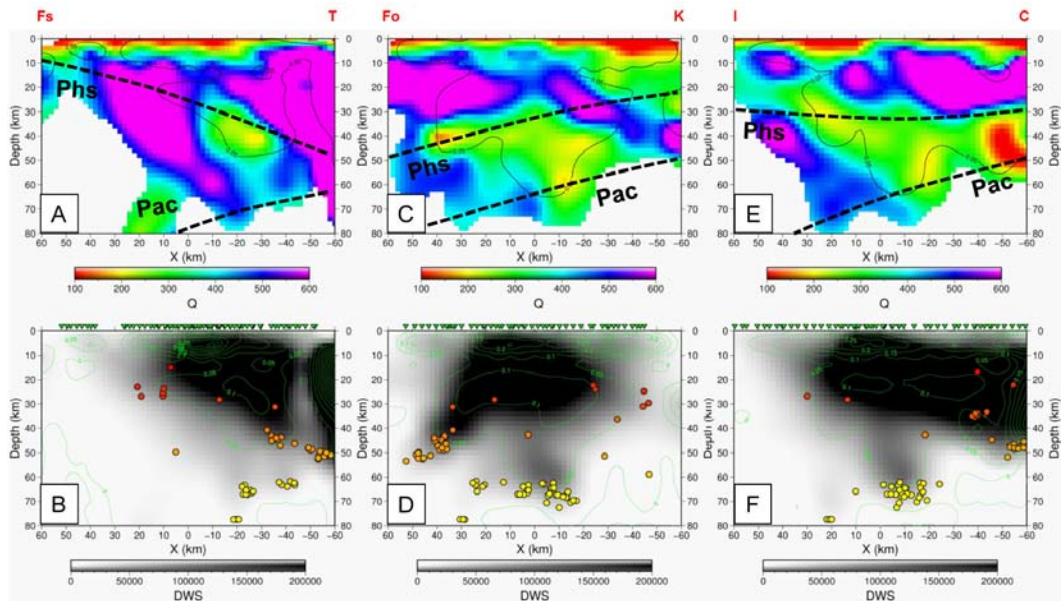


図6 首都圏下の減衰構造。3本の測線に沿った深さ断面図（左：つくば—藤沢測線、中：藤岡—九十九里測線、右：入間—銚子測線）。上段がQ値の分布で暖色はQ値が低く減衰が大きいことを示す。地震波速度トモグラフィ解析で求めたフィリピン海プレート(Phs)上面と太平洋プレート(Pac)上面を破線で加えた。下段は、トモグラフィ解析に利用した地震波線の密度を表わし、濃い場所ほど波線が多く通っていて、解の信頼度が高い。利用した地震を丸印で加えた。

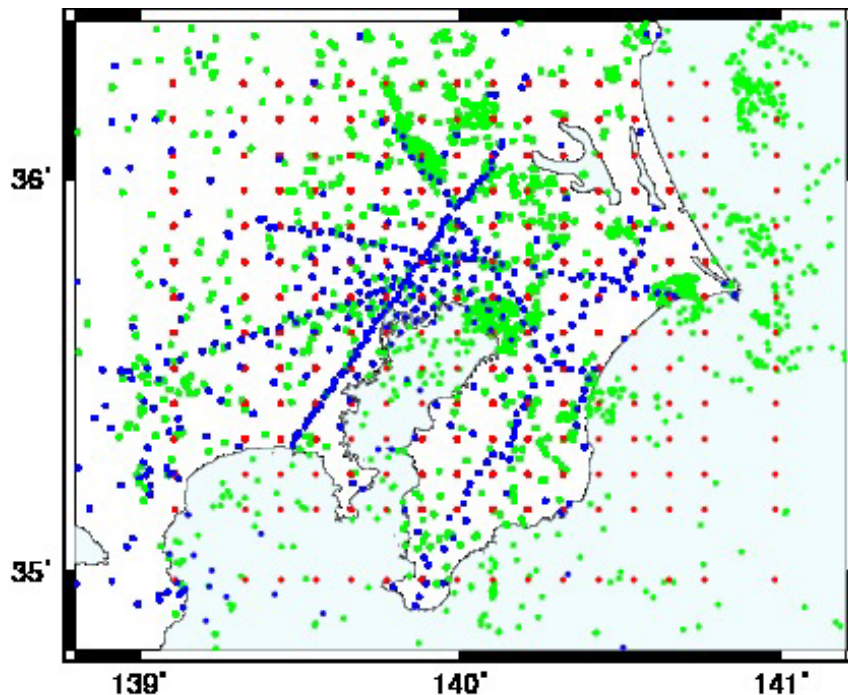


図7 グリッド配置。赤丸が設定したグリッドを示す。青丸は観測点、緑丸は解析した地震の震央を示す。

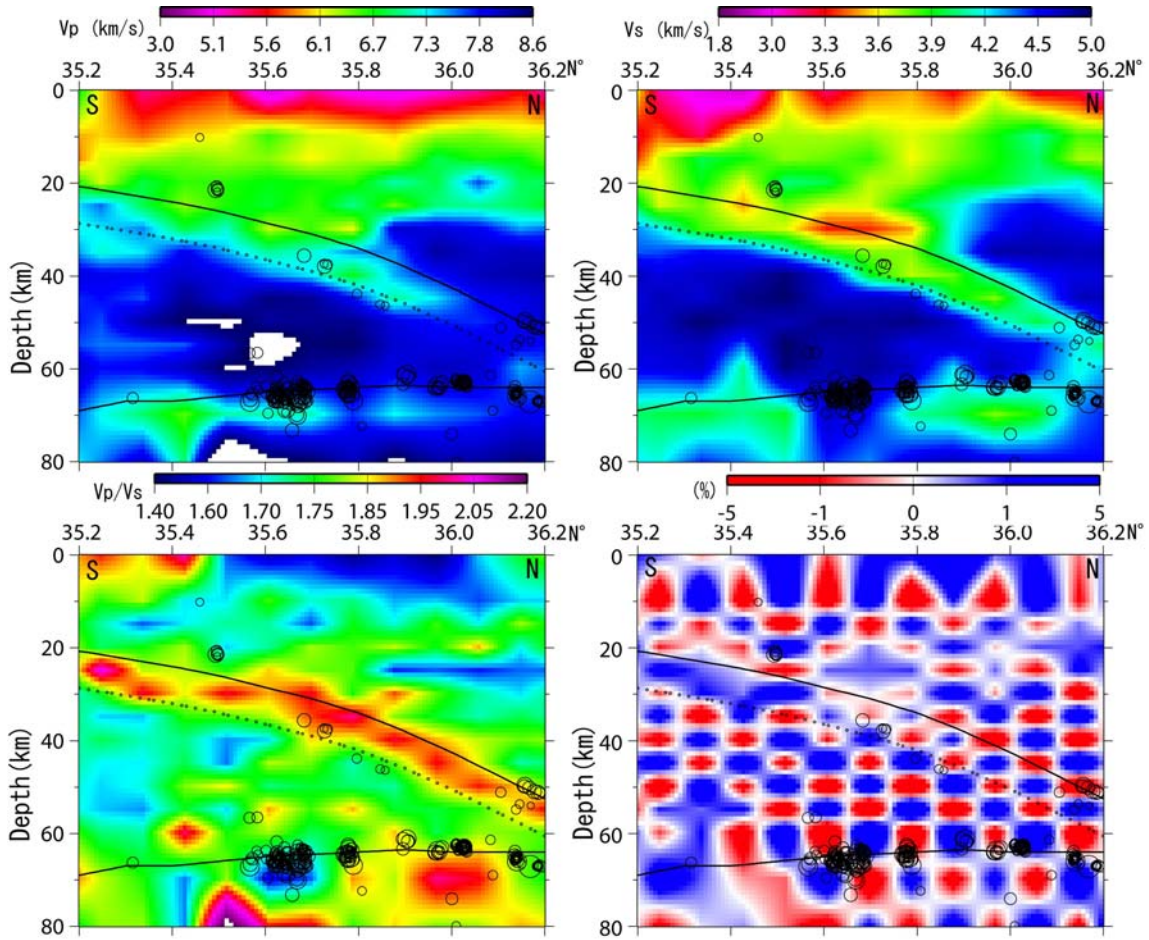


図 8 地震波速度構造の南北断面図（東経 140.1 度付近）。それぞれ、左上： V_p 、右上： V_s 、左下： V_p/V_s 、右下：チェッカーボードテスト。図中の実線は、このプロジェクトで得られたフィリピン海プレートの上境界面と太平洋プレートの上境界面、破線はフィリピン海プレートの海洋性地殻の下面を示す。丸印は 2008 年 4 月から 2011 年 8 月に発生した地震で、この速度構造を求めるときに使用した震源の内この断面図の幅約 10km に含まれるもの。

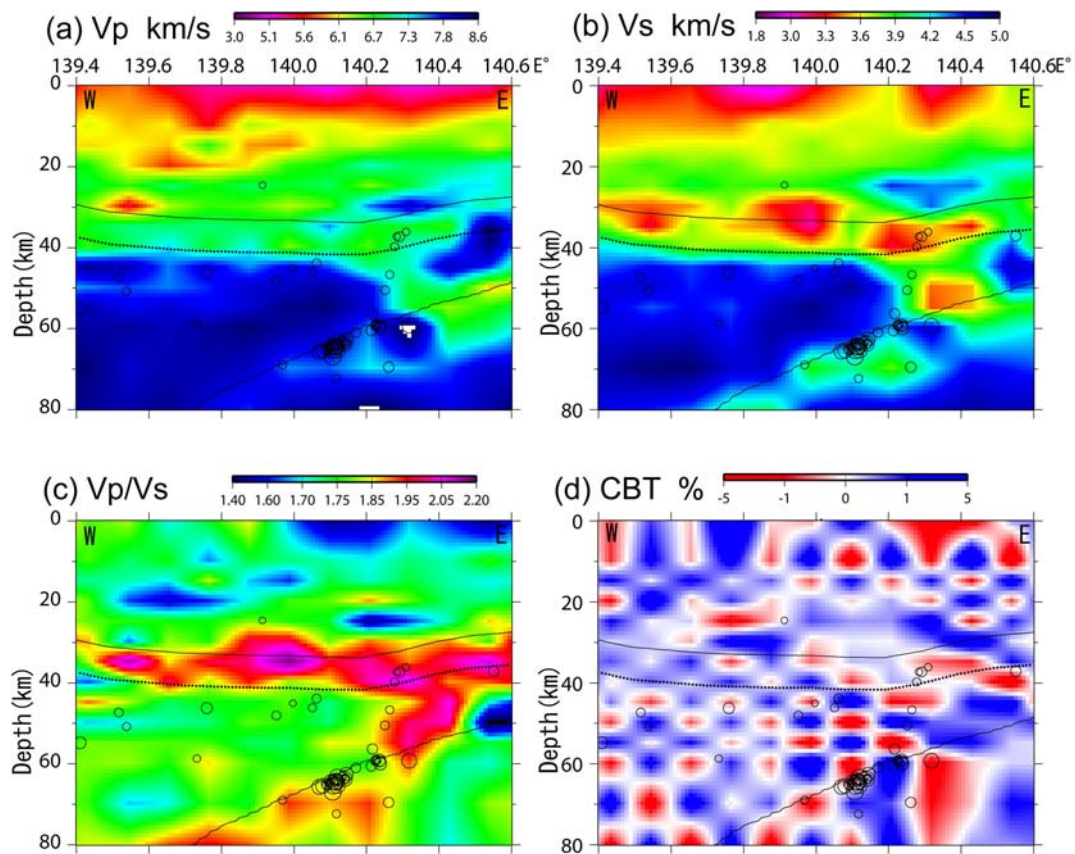


図9 地震波速度構造の東西断面図（北緯 35.8 度付近）。それぞれ、左上： V_p 、右上： V_s 、左下： V_p/V_s 、右下：チェッカーボードテスト。図中の実線は、このプロジェクトで得られたフィリピン海プレートの上境界面、フィリピン海プレートの海洋性地殻の下面、太平洋プレートの上境界面を示す。丸印は2008年4月から2011年8月に発生した地震で、この速度構造を求めるときに使用した震源の内この断面図の幅約 10km に含まれるもの。

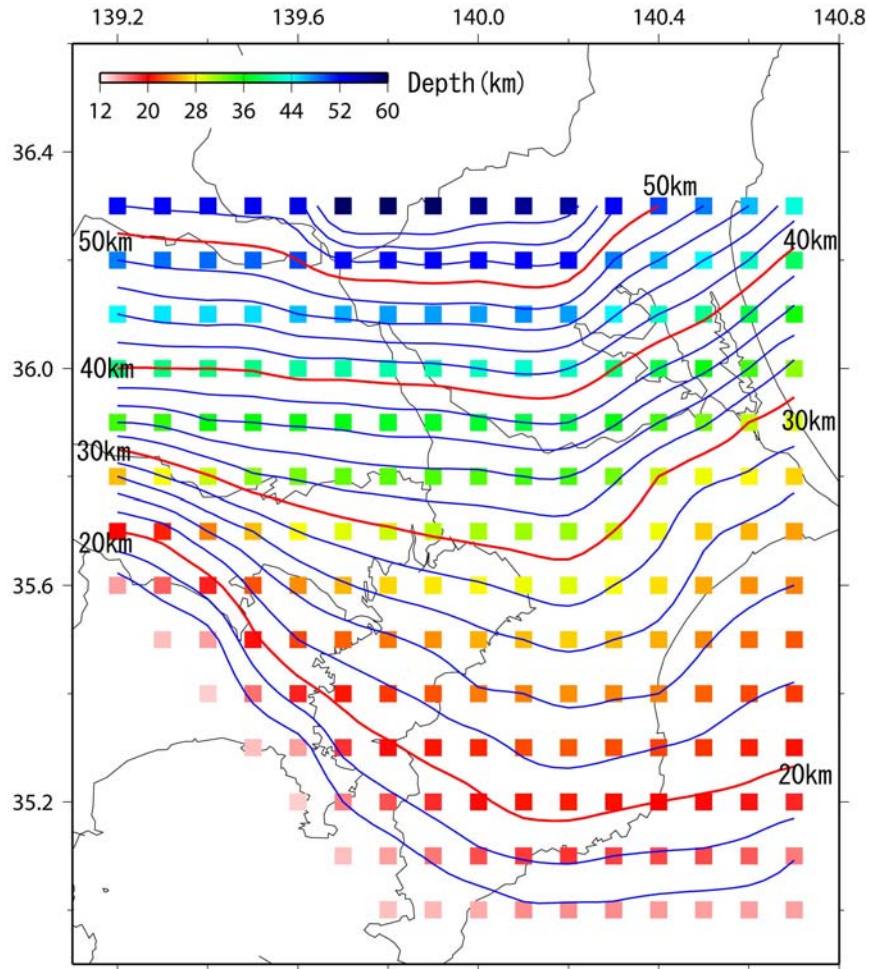


図 10 フィリピン海プレートの上面の等深度分布。コンターは 2km 間隔。

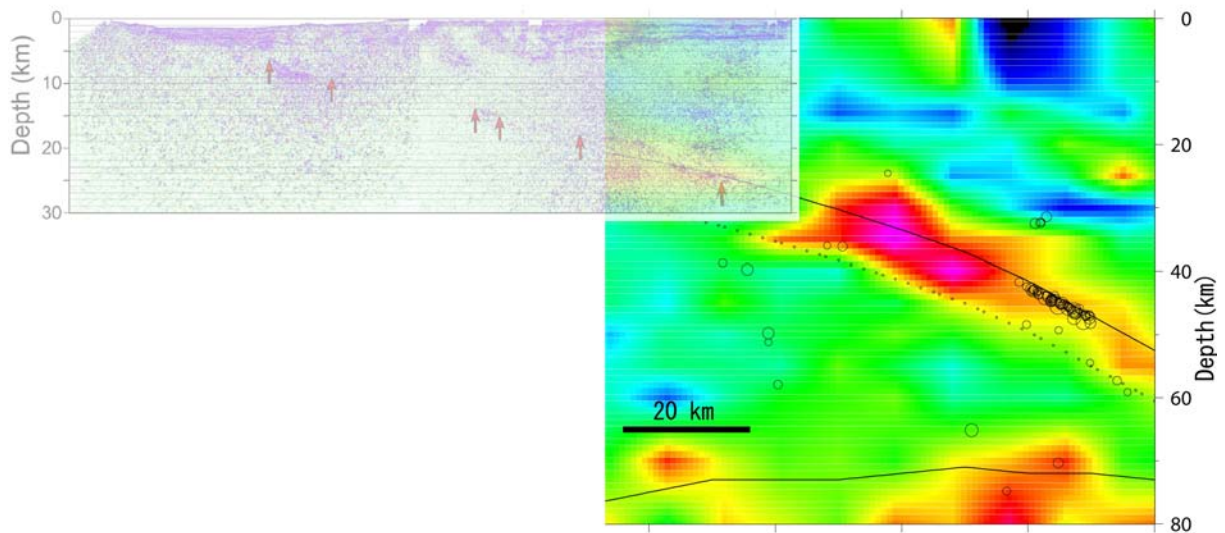


図 11 反射法断面図（左）と東経 139.9 度付近の南北断面図（右）。右図の実線は、フィリピン海プレートの上境界面と太平洋プレートの上境界面、破線はフィリピン海プレートの海洋性地殻の下面を示す。丸印は 2008 年 4 月から 2011 年 8 月に発生した地震で、この速度構造を求めるときに使用した震源の内この断面図の幅約 10km に含まれるもの。

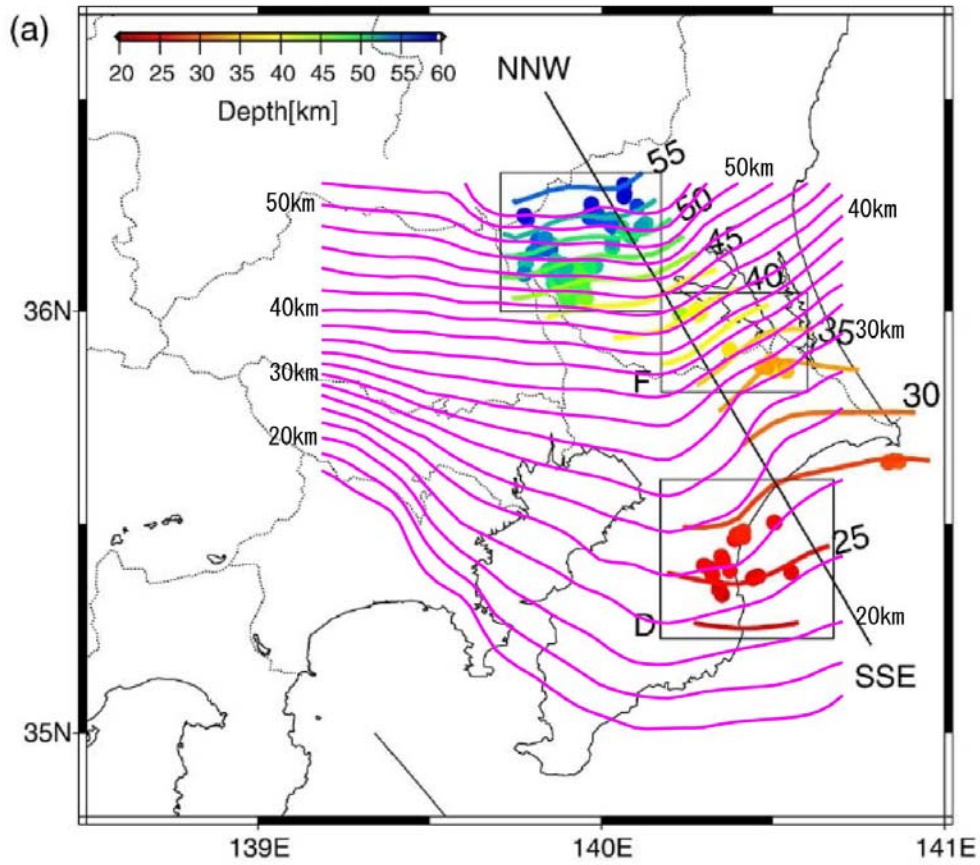


図 12 繰り返し小地震の分布から求めたフィリピン海プレート上面の等深度面(Kimura et al., 2006)に本プロジェクトで得られたフィリピン海プレート上面のコンター（2km 間隔）を桃線で加筆した。

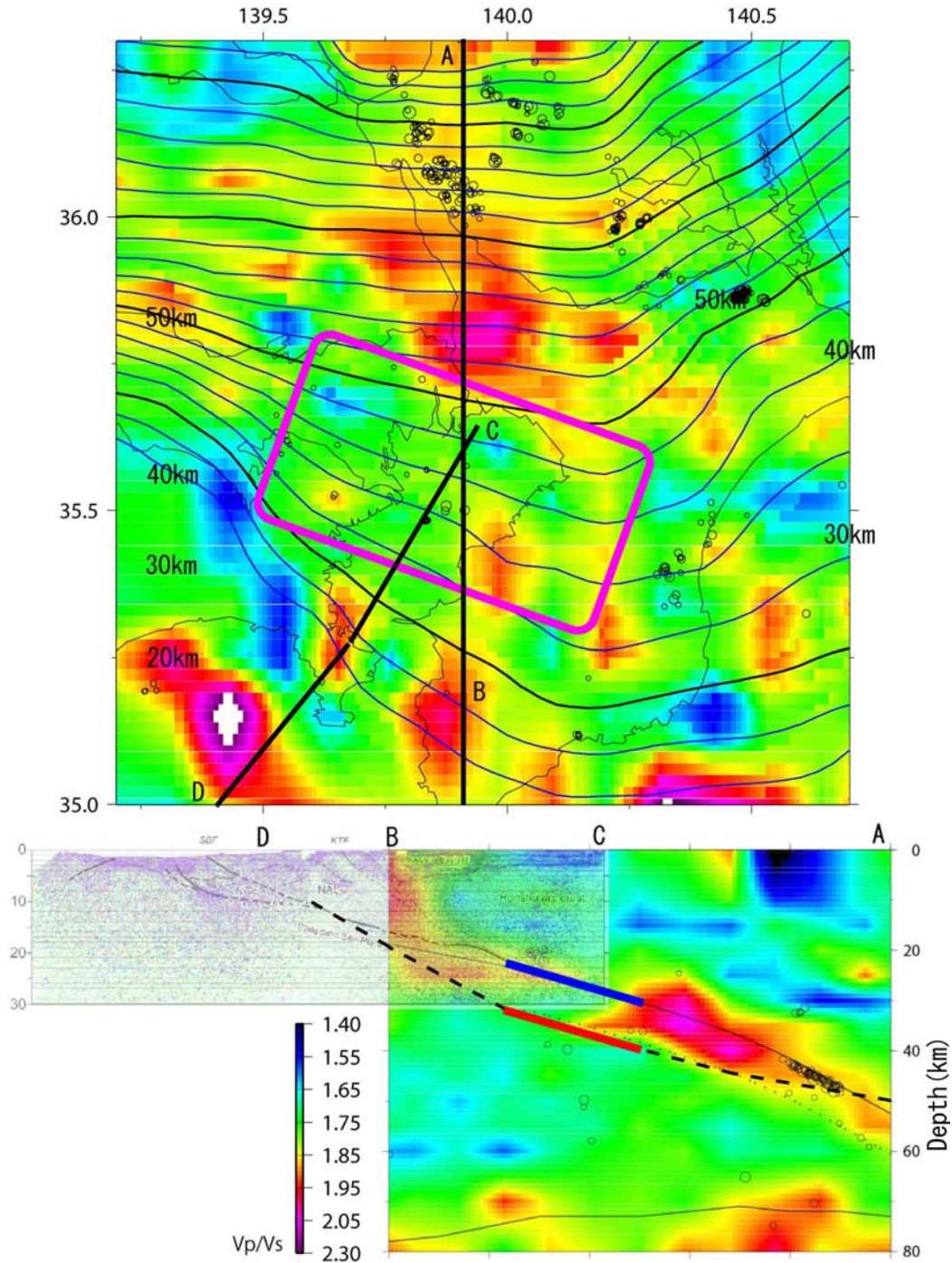


図 13 (上図) 想定したプレート境界型の地震(東京湾北部の地震)の断層範囲(桃色矩形)とフィリピン海プレート上面のすぐ上の V_p/V_s 分布。暖色系は V_p/V_s が高い部分を示す。コンターはフィリピン海プレート上面の深さを表わす(2km 間隔)。丸印は、2008 年 4 月から 2011 年 8 月に発生した地震で、この速度構造を求めるときに使用した震源の内この面の上下 3km に含まれるもの。(下図) V_p/V_s の東経 139.9° 付近の南北断面図(右)と反射法地震探査断面図(左)。東京湾北部の地震の断層面(青線)は、深さ約 20~30 km に位置する。実線は、フィリピン海プレートの上面と太平洋プレートの上面、破細線はフィリピン海プレートの海洋性地殻の下面を示す。中央防災会議(2005)は、フィリピン海プレートの上面を破太線で、東京湾北部の地震の断層面は赤線の位置に仮定していた。

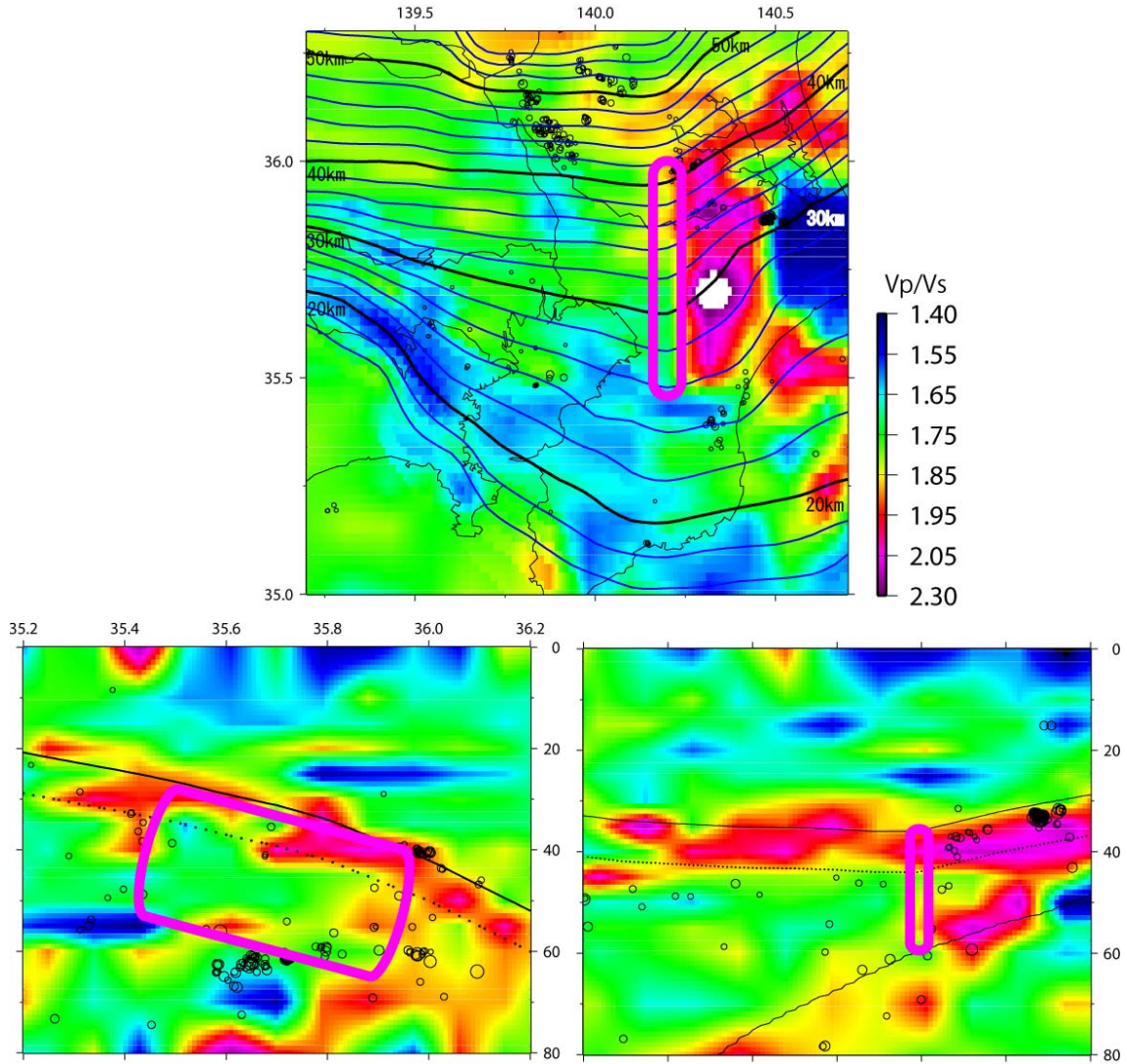


図 14 想定したプレート内の地震（千葉県中央部の地震）の断層範囲（桃色矩形）とフィリピン海プレート上面から深さ 20 km での V_p/V_s 分布（上図）。暖色系は V_p/V_s が高い部分を示す。コンターはフィリピン海プレート上面の深さを表わす（2km 間隔）。南北断面図（左下図、東経 140.2 度）と東西断面図と（右下図、北緯 35.85 度）。千葉県中央部の地震は、深さ約 30~60 km に位置しその下端は太平洋プレート上面にまで至る。

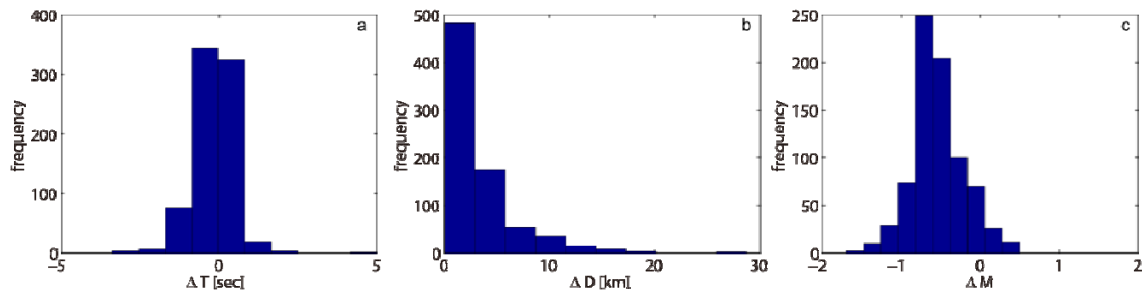


図 15 1997 年 8 月に起きた地震の(a)時刻差 ΔT 、(b)震央間距離 ΔD 、及び(c)マグニチュード差 ΔM の頻度分布。

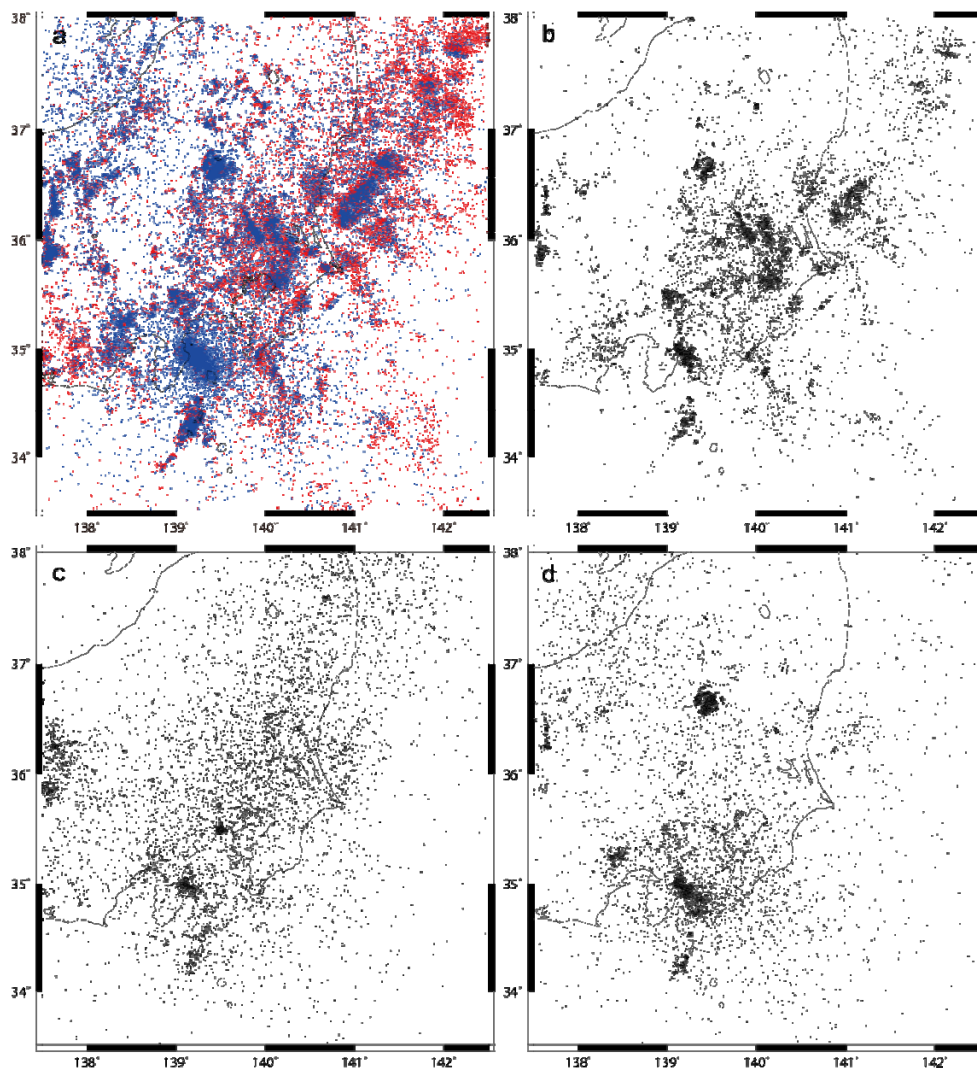


図 16 地震の空間分布。(a) もとからの JMA カタログに収録された地震 (赤点) と ERI カタログに収録された地震 (青点)。(b) JMA カタログと ERI カタログのグルーピング処理により統合決定された地震。(c) ERI カタログに収録されないが JMA カタログに収録されている地震。(d) JMA カタログに収録されないが ERI カタログに収録されている地震。

首都圏の地震活動（気象庁一元化震源M3以上）

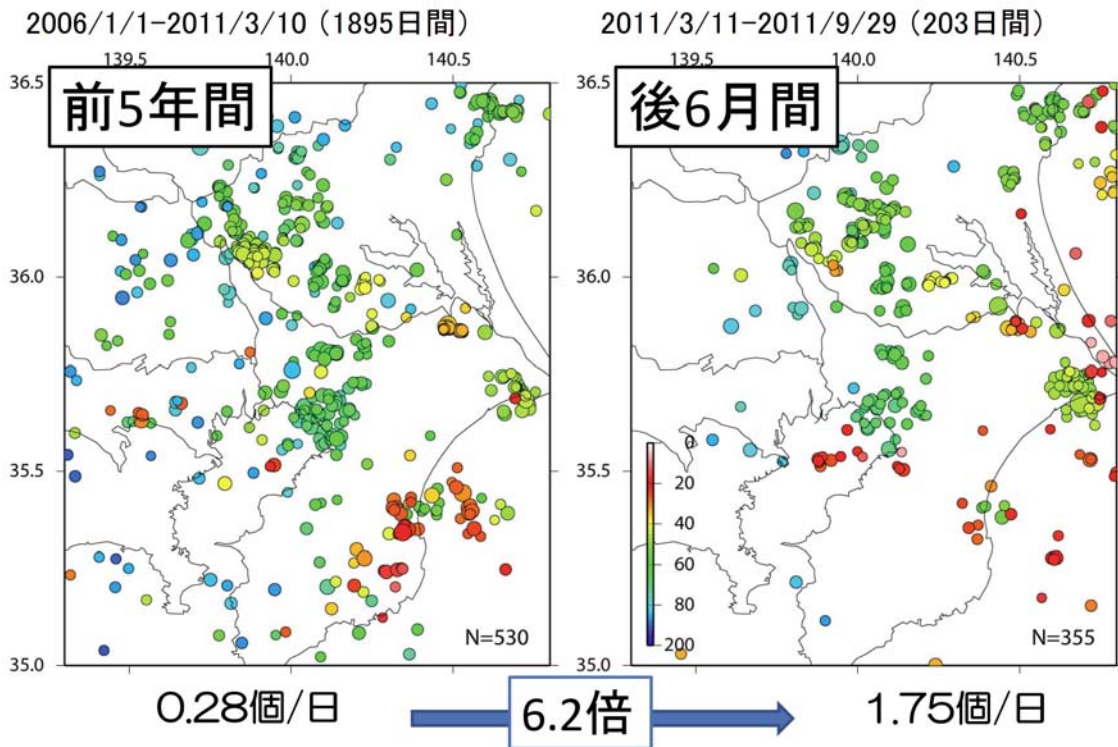


図 17 東北地震地方太平洋沖地震前後の地震活動 ($M \geq 3$)。右図は 2006 年 1 月 1 日から 2011 年 3 月 10 日までの 530 地震。左図は 2011 年 3 月 11 日から 2011 年 9 月 29 日までの 355 地震。色は地震の深さを示す。

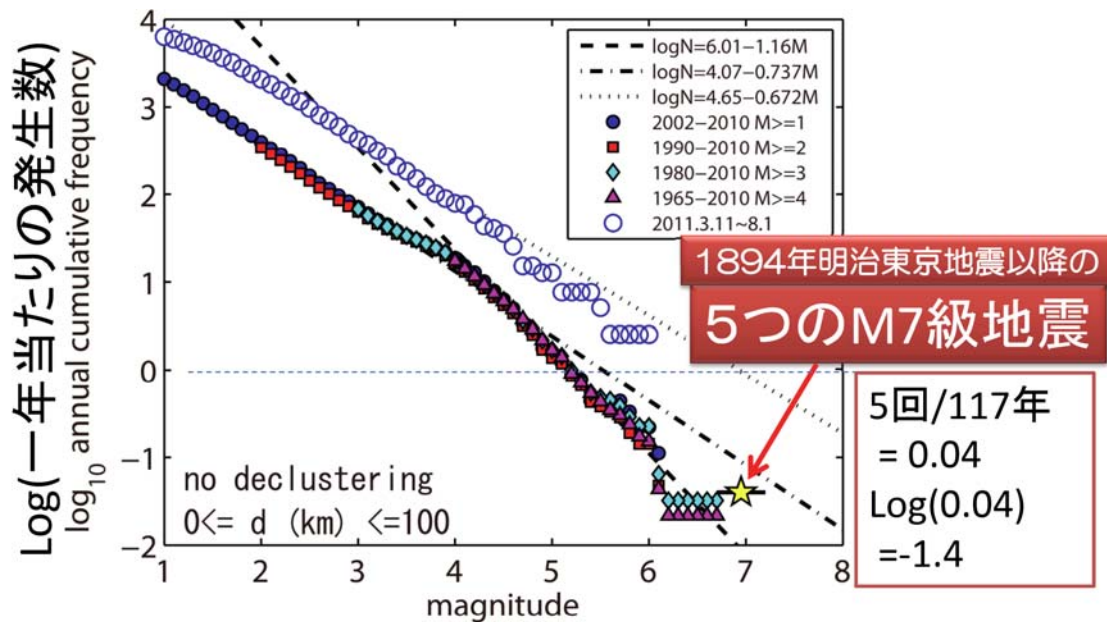


図 18 関東地域の地震（深さ $d = 0-100$ km）の規模別頻度分布。一年あたりに発生する地震の累積頻度をマグニチュードの関数としてプロットした。デクラスタリング処理を行っていない。シンボルの違いは、使用した地震の発生期間の違いを表す。回帰直線を破線・点線・点破線で示した。水平点線は、一年あたりに発生する地震の累積頻度が 1 であることを示す。

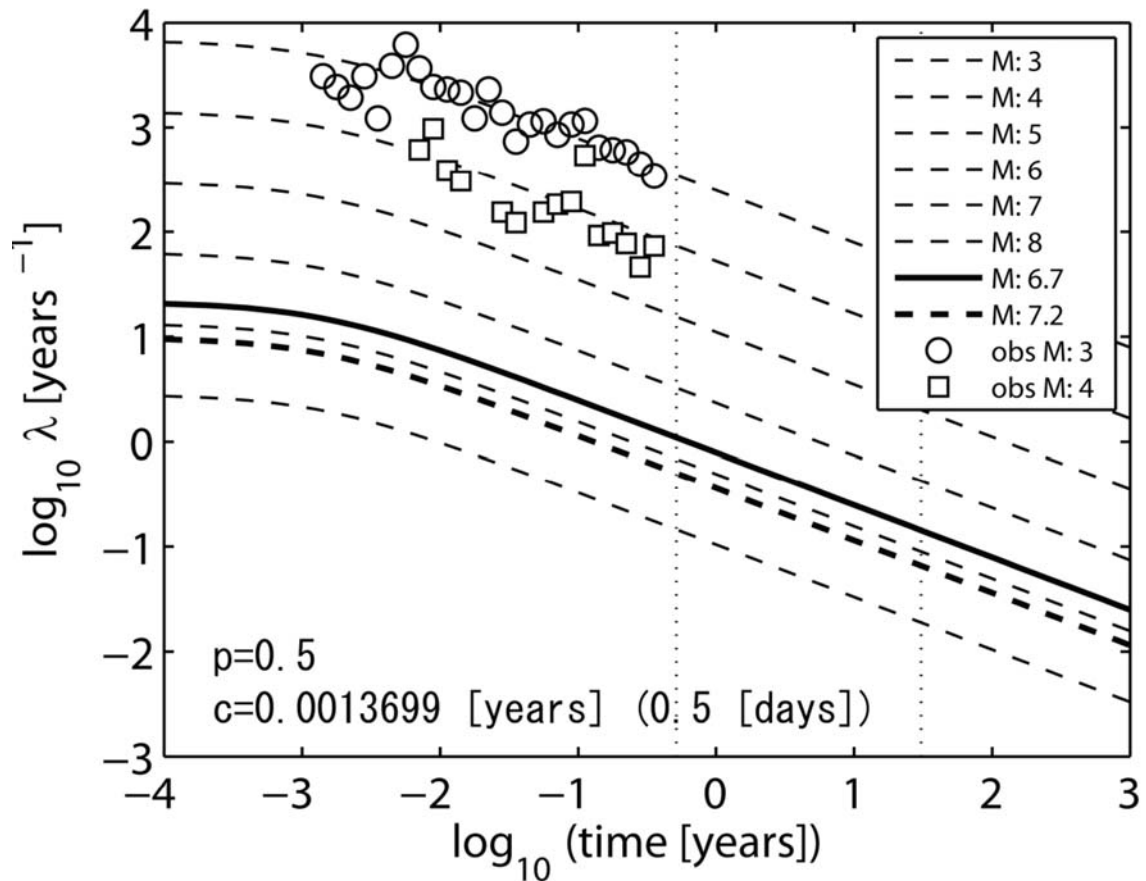


図 19 関東地域における地震活動の時間変化。一年あたりの地震数 (λ) を、東北地方太平洋沖地震からの経過時間 (t) の関数として両対数グラフにプロット。 $M \geq 3$ と $M \geq 4$ のデータを、それぞれ○点と□点で表す。曲線は大森・宇津公式を仮定している。ここで、定数 $p=0.5$ と $c=0.5$ 日を仮定している。曲線の違いは下限の M の違いによる。縦点線は現在 (2011 年 9 月 16 日) と 30 年後 (2041 年 9 月 16 日) を表す。

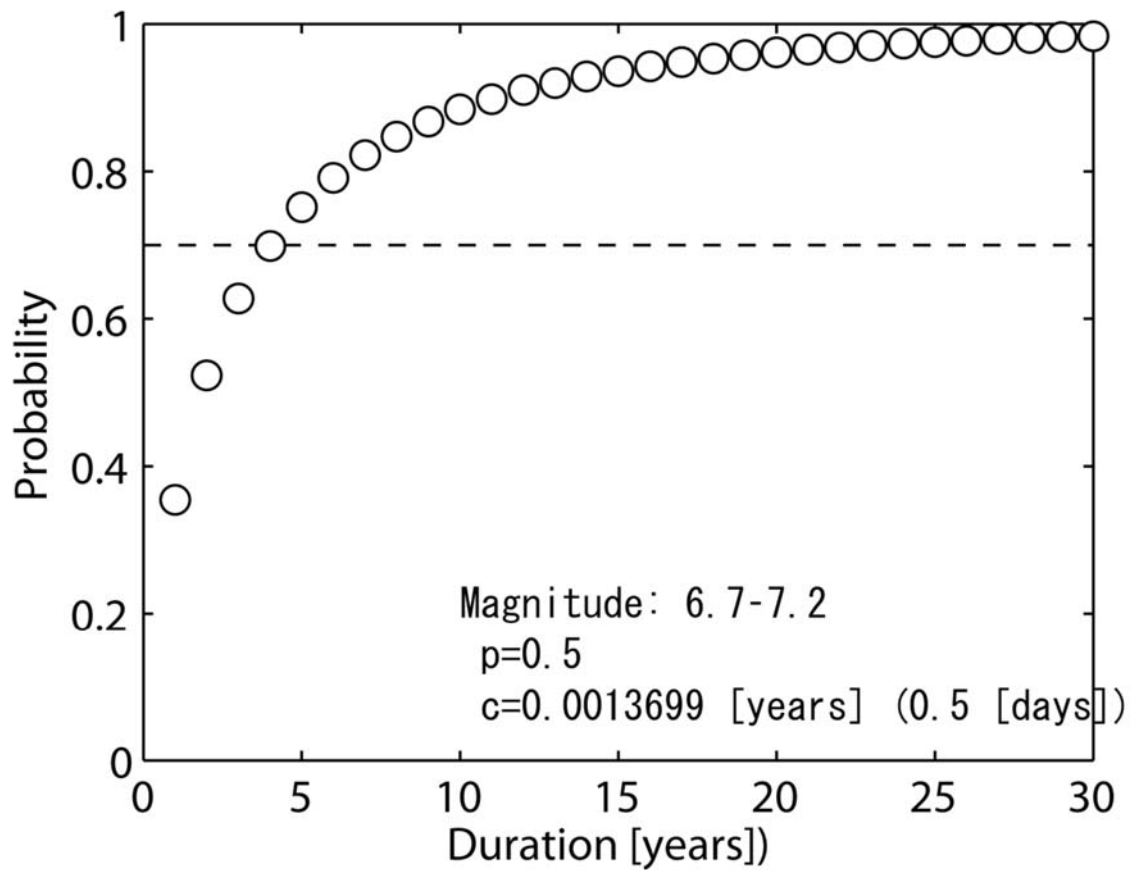


図 20 関東の $M6.7-7.2$ の地震発生確率を現在（2011 年 9 月 16 日）からの経過時間の長さでプロット。大森-宇津公式 ($p=0.5$ 、 $c=0.5$ 日) に従い地震活動が減衰することを仮定する。確率へ変換するために、ポアソン過程を仮定した。点線は確率 70%を示す。つまり、もし大森公式に従い活動度が減衰するならば、今後 4 年以内に $M6.7-7.2$ の地震が発生する確率は約 70%（点線）である。

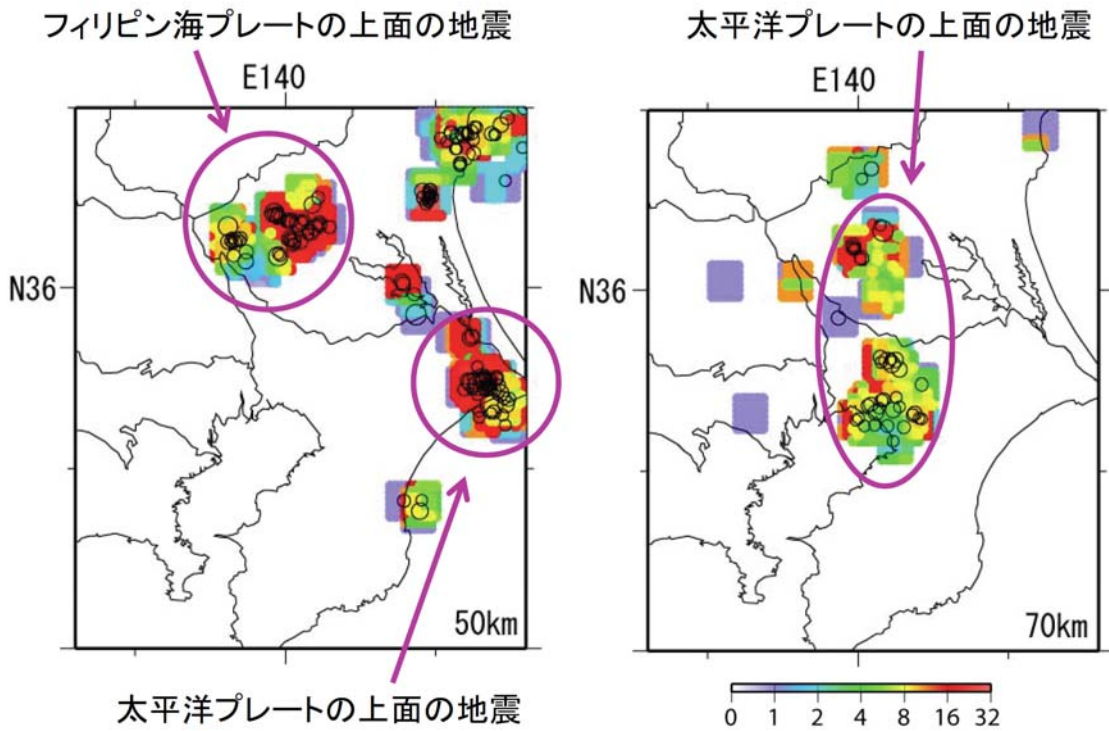


図 21 東北地方太平洋沖地震前後での地震活動の変化。左図、右図はそれぞれ深さ 50km、70km を表す。色は地震前後で何倍地震活動が増えたかを表す。丸は、東北地方太平洋沖地震後に発生した地震を示す。

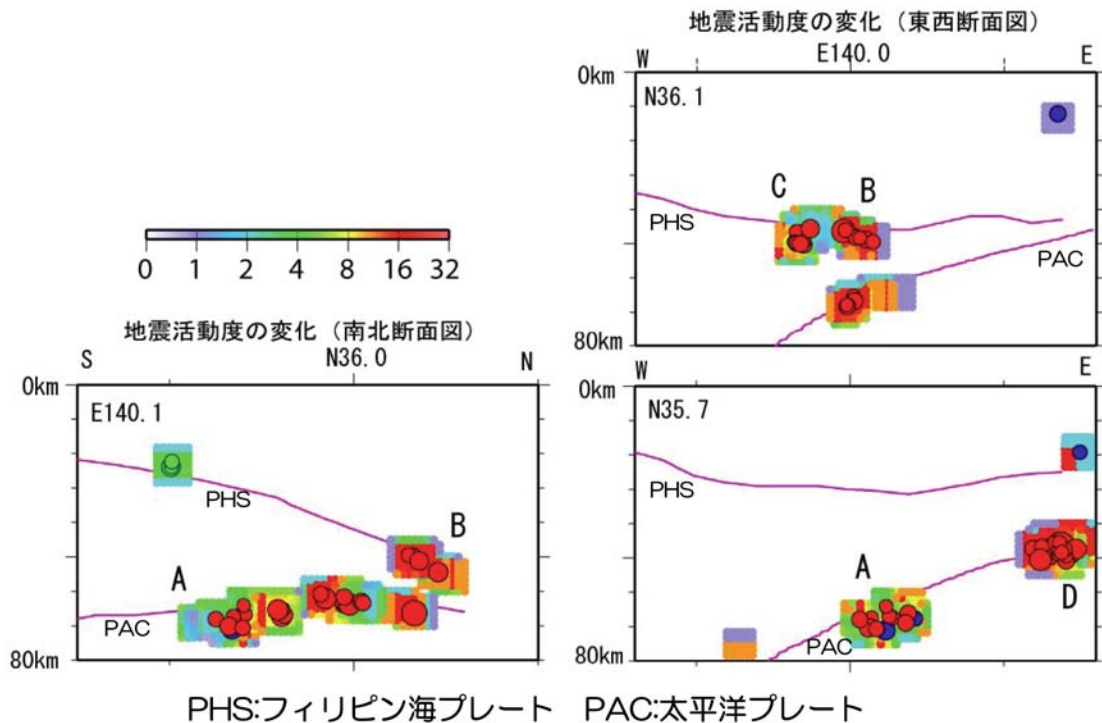


図 22 東北地方太平洋沖地震前後での地震活動の変化。左図は東経 140.1°での南北断面を示す。右の上図・下図はそれぞれ北緯 36.1°と 35.7°での東西断面を示す。色は地震前後で何倍地震活動が増えたかを表す。

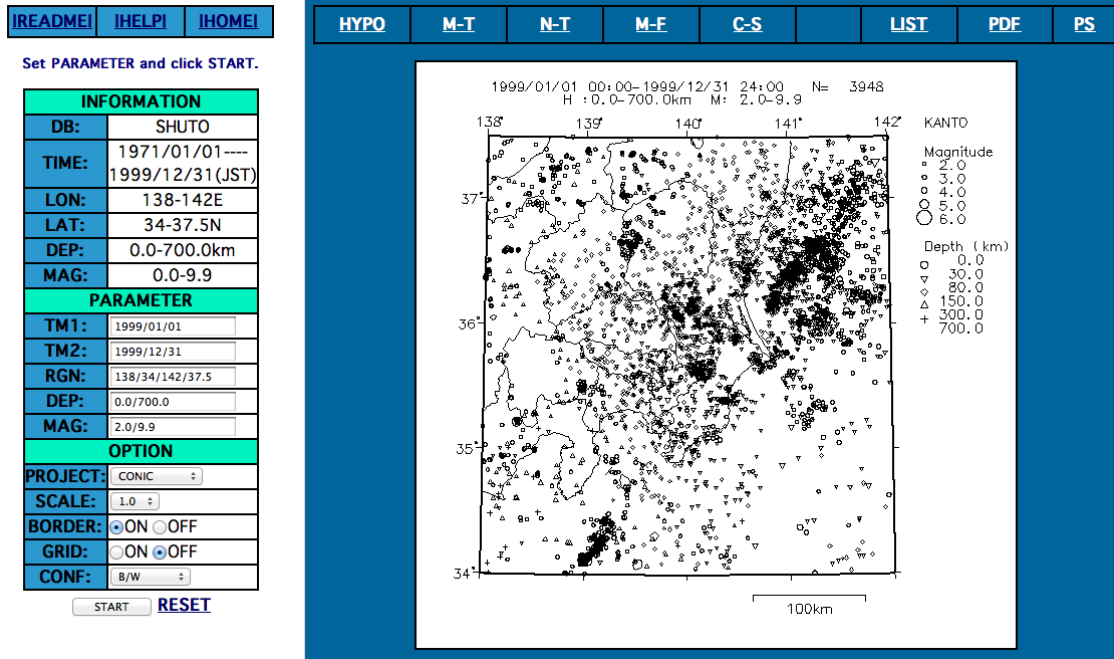


図 23 整理・統合された震源カタログを検索／解析するソフトウェアのスナップショット。震源カタログはデータベース化を行い、Web を通してアクセス可能である。



図 24 小平第九小学校での特別授業。