

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21年度業務目的

首都圏に設置する中感度地震観測装置44式を整備する。平成20年度までに首都圏および東京湾に設置された172台の中感度地震観測装置によるデータを用いた解析結果を参照し、新たな観測地点44箇所を選定する。それらの地点で環境調査等を実施して地震観測装置を設置し、合計216箇所において自然地震観測を行う。

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。収集したデータを既存観測点のデータと併せ、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、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明らかにするための解析を進める。

また、これまでに得られたデータを統合し、関東の地震カタログを整理する。

さらに、収集したデータを学校教育に活かすための連絡組織を関係の教育者たちと構築し、その組織運営を行う。

(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	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	助教	鶴岡 弘	
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	特任助教	楠城 一嘉	
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	宮川 幸治	
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	

(2) 平成 21 年度の成果

(a) 業務の要約

- 1) 首都圏に設置する中感度地震観測装置 44 式を整備した。新たな観測地点 44 箇所を選定した。これらの地点に地震観測装置を設置し、前年度までに設置した観測点との合計 216 箇所において自然地震観測を行った。
- 2) 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するための解析を進めた。
- 3) これまでに得られたデータを統合し、関東の地震カタログを整理した。
- 4) 収集したデータを学校教育に活かすための連絡組織を関係の教育者たちと構築し、その組織運営を行った。

(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、神奈川県、千葉県、茨城県、埼玉県、山梨県に 44 観測点を設置した(表 1)。昨年度(平成 20 年度)までに 172 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、東京湾北部地域にあたる東京都東部と千葉県西部に約 4km 間隔で配置した観測点群と、周辺に点在する観測点群からなる²⁾(図 1)。昨年度までに整備した 178 観測点(昨年度までに神奈川県温泉地学研究所が整備した 6 観測点を含む)および今年度神奈川県温泉地学研究所が整備した 4 観測点とあわせた 226 観測点でデータ収録が開始された。今年度の 44 観測点の内訳は、小学校が 35 箇所、中学校が 2 箇所、高等学校が 1 箇所、公園等が 6 箇所である。

今年度設置した観測点は、昨年度までと同じ仕様で設置された^{3) 4)}。深さ 20m のボアホールの底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、電話回線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^{5) 6)}。

2) プレートの形状と弱面を明らかにするためのデータ解析

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、気象庁一元化震源カタログに基づき、以下の3つの基準で選んだ。

北緯 34.8 度 ~ 36.5 度、東経 139.0 度 ~ 141.0 度、マグニチュード 2.5 以上

北緯 34.5 度 ~ 37.0 度、東経 138.5 度 ~ 141.5 度、マグニチュード 3.0 以上

北緯 20.0 度 ~ 50.0 度、東経 120.0 度 ~ 160.0 度、マグニチュード 6.0 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。2009 年 4 月 1 日から 12 月 31 日の期間に関東地方で発生した M2.0 以上の地震および日本列島周辺で発生した M6.0 以上の地震、あわせて 602 個を切り出し、読み取りを行った(図 2)。読み取り数は P 相が 84,447 個、S 相が 83,774 個、最大振幅が 98,792 個、初動振動方向が 25,590 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値を決定した。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 422 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) 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。解析に用いたデータは、Hagiwara et al.¹¹⁾が解析に用いたデータに、前項 a)震源分布で検出した MeSO-net のデータ及び定常観測網で観測された爆破地震探査データを加えたものを利用した。関東地方で過去に行われた爆破地震探査^{12), 13), 14)}のうち解析に使用した発破の位置を図 4 に示す。定常地震観測網の連続波形データからこれらの発破を切り出し、初動の検定を行った。

解析グリッドの水平位置は、MeSO-net の直線アレイ測線上にそれぞれで設定した。例えば、つくば - 藤沢測線では、測線に直交する方向(X)に 20km 間隔、平行する方向(Y)に 10km 間隔にグリッドを配置した。また、深さ方向(Z)は、深さ 50km までは 5km 間隔に、それ以深は 60、70、80、100、150km にグリッドを配置した。グリッド間隔については、全ての測線で同じ設定とした。インバージョン解析用の初期速度構造として、Hagiwara et al.¹¹⁾が用いた初期速度構造を採用し、 V_p/V_s は全領域で 1.73 を仮定した(図 5)。インバージョン解析に使用した地震数は計 1,236 個で、気象庁一元化処理震源のうちマグニチュード 1.2 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 136,599 個、S 波が 122,662 個であり、二重走時差データは P 波が 369,066 個、S 波が 311,906 個である。

また、解析にあたってチェッカーボード・レゾリューションテストを行った。このテス

トでは、初期速度構造モデルに $\pm 5\%$ の速度パーターベーションを仮定したモデルを基に走時データを作成し、インバージョンを行うことにより再現性を評価した。

図 6 につくば - 藤沢測線の解析におけるグリッド配置を示し、図 7 に推定した P 波速度構造とチェッカーボード・レゾリューションテストの結果を断面図で示す。チェッカーボード・レゾリューションテストでは、概ね測線中央部において深さ 20 km から 80 km 程度まで、速度パーターベーションが良く再現されていた。ただし、測線端の深部では、測線と地震との幾何学的な相対関係に起因して再現性が悪くなる。推定した P 波速度構造の特徴として、高速度層の上に載っている薄い低速度層が北東方向へ向かって沈み込む様子が鮮明に捉えられた。この低速度層は、沈み込むフィリピン海プレート上部の海洋性地殻に対応していると考えられる。また、海洋性地殻内やその上面付近でも地震が発生していることがわかる。以上より、地震波速度構造の推定から、首都圏下のプレート境界面とプレート内の弱面の存在が明らかにされた。

本解析結果は、現在までに取得した MeSO-net データの一部を使ったものであるが、MeSO-net のデータを用いた解析で高精度な地震波速度構造の推定が可能であることを示唆している。他の測線においても同様の解析を試みたが、これまでに観測されたデータ量が少ないため、チェッカーボード・レゾリューションテストの結果から再現性がやや低い。今後、観測データの充実に伴い、各測線におけるトモグラフィ解析から、関東広域・深部におけるより高精度な速度構造の推定が行われることが期待される。

3) 関東の地震カタログの整理

関東周辺の地震のカタログとして以下のデータセットが存在する。

1. 防災科学技術研究所「関東・東海地域の過去の地震活動データカタログ¹⁵⁾」(NIED カタログと呼ぶ)
2. 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カタログ「地震研究所関東カタログ(1971/06-1980/09)^{16), 17)}」(ERI カタログと呼ぶ)
3. 日本列島をカバーし、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)

なお、NIED カタログ・ERI カタログは現在更新されていない。これらのカタログでは、個々の地震について震源位置・震源時・地震の規模(マグニチュード、 M)の震源要素データと、P 波到達時刻、S 波到達時刻、最大振幅値などの検測データが保存されている。本業務では、各々のカタログについて、地震の検測データを一つの地震に対して統合する作業(整理)を開始した。

整理にあたり、これらのカタログは独自のフォーマットで保存されているため、フォーマットを統合(整理)が必要である。そこで、今後の汎用性を考慮して、世界標準としてしばしば採用されている ZMAP フォーマットを用いた。これは、地震活動解析ソフトウェア“ZMAP”¹⁸⁾で利用されているフォーマットである。一つのレコードは一つの地震を表し、フィールドは左から右へ向けて、東経、北緯、年、月、日、マグニチュード(M)、深さ、時、分を表す。

まず、整理されたカタログのデータについて統計的性質を利用した標準的な 3 つの品質評価試験を行い、そのカタログが使用可能であるかどうかを検証した。結果の詳細は、論

文¹⁹⁾を参照されたい。

1 つ目の手法は、規模別に地震の頻度をプロットすることにより調査を行う。これにより、大きな地震ほど数が少なく、小さい地震は多いという一般的な地震の統計的性質が見られるかを調べた。図 8 では、関東地域（本解析では、東経 138.5-141.5°、北緯 34.5-37.0°と定義した）の地震の規模別頻度分布を示す。(a-c)はそれぞれ、NIED カタログ、ERI カタログ、JMA カタログに収録されているデータを基にしている。大きいマグニチュードの範囲では、 M が大きくなるにつれて地震数が小さくなるという、頻度分布における一般的な性質が確認出来る。また小さいマグニチュードの範囲では、 M が小さくなるほど頻度は低くなる。これは、 M が小さい地震ほど観測網で検出されづらいことを反映していると解釈される。

第 2 の手法は、地震の頻度を一時間ごとにプロットして、その頻度分布を利用する方法である。自然地震は昼夜依存せずに発生するはずである。つまり、ある時空間内に発生する地震の発生頻度は 24 時間常時一定という仮説からの逸脱は、人為的原因に由来することが示唆される。このような逸脱はどの地震カタログについても見られることが知られている²⁰⁾。図 9 に、NIED カタログを用いた結果を示す。(a-c)はそれぞれ、 $M \geq 1$ 、2、3 の地震データを基にして作成された。図 9(a)では、正午直前ぐらいに頻度のピークが見られる。さらに、およそ 15 時から 17 時にもピークが見られる。一方 M の閾値が高いケース(b,c)では、それほど顕著ではない。このような特徴は、採石、採鉱、土木工事等のための発破による人工地震によるものと考えられる²⁰⁾。これらの規模は一般に小さくなく、記録波形は自然地震のそれとかなり似ており数も多いので、識別して削除することが難しい。また、一般に発破は決まった時刻に行われる。例えば、正午前後や日暮れ前に行われることが多い。従って、これらのピークは発破による人工地震の影響を反映していると考えられる。二つのピークが見られるという本結果は、NIED カタログにおいて人工地震の影響を調べた先行研究²¹⁾と矛盾しない。図 9 と同様の傾向が、ERI カタログ・JMA カタログを用いたケースでも見られる¹⁹⁾。

3 つ目は M が小さい地震ほど観測網で検出されづらく、ある閾値以上の M を持つ地震は漏れなく観測されるという仮定に基づく。その閾値となる M は下限マグニチュード(M_C)と呼ばれる。これは、データセットの完全性という観点から、カタログの品質評価の指標と考えられる。本解析で採用した M_C を見積もる手法は、ゲーテンベルグ・リヒターの法則に基づくものである¹⁸⁾。図 10(a-c)はそれぞれ、NIED カタログ、ERI カタログ、JMA カタログを用いて得た、 M_C の時間変化である（時系列解析の詳細は論文¹⁹⁾を参照）。全てのケースでデータにばらつきは見られるが、時間と共に M_C が小さくなる傾向がある。特に(c)では、その減少は顕著である。つまり、1980 年以前は $M_C=3.7 \sim 4.0$ であるが、1990 年代では $M_C=1.4 \sim 2.0$ である。ここで見られる M_C の減少傾向は、地震観測網が徐々に改善されたため、微小地震が観測されやすくなったことを示す。地震観測網の改善がなされている地域のカタログにとって、時間と共に M_C が減少することはしばしば報告されている。一例は、Nanjo et al.²¹⁾が行ったスイスの M_C 解析である。つまり、 M_C 解析に基づく本結果は、他の地震カタログでも見られる一般的な性質を示している。

以上より、存在する関東の 3 つの地震カタログを整理した。そして、その整理されたカタログのデータを品質評価した結果は、今後の地震活動解析に耐えうるものであることを

示している。

4) 学校教育への活用

平成 21 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 44 観測点の内、小学校が 35 箇所、中学校が 2 箇所、高等学校が 1 箇所である。その結果、この 3 年間で設置した 226 観測点のうち、201 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）という組織を立ち上げた。

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」というウェブを立ち上げた。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。

(c) 結論ならびに今後の課題

平成 21 年度は、東京都、神奈川県、千葉県、茨城県、埼玉県、山梨県の地域の 44 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。たとえば、高速度層の上に載っている薄い低速度層が北東方向へ向かって沈み込む様子が鮮明に捉えられ、この低速度層が沈み込むフィリピン海プレート上部の海洋性地殻に対応していると考えられた。また、海洋性地殻内やその上面付近でも地震が発生していることがわかった。

次に、防災科学技術研究所、東京大学地震研究所、気象庁の震源カタログを統合し、関東の地震カタログの整理を開始した。これらの震源カタログは、独自の観測網で得られた記録を個別に処理しているため、必ずしも均質ではない。そこで、検知能力やデータ信頼度等を吟味し、品質評価試験を行った。各々のカタログについて、地震の検測データを一つの地震に対して統合する作業（整理）を開始した。

そのほか、地震計を設置した学校の先生たちと、収集したデータを学校教育に活かすための連絡組織を構築した。メイリングリストで情報交換をし、誰もがデータを見られるウェブを立ち上げた。

(d) 引用文献

- 1) 平田直, 酒井慎一, 佐藤比呂志, 佐竹健治, 瀧澤一起: 「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 「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, No. 2, pp. 41-56, 2009.
- 2) 酒井慎一, 平田直: 首都圏地震観測網の設置計画, 地震研究所彙報, Vol. 84, No. 2, pp. 57-69, 2009.
 - 3) 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, No. 2, pp. 71-88, 2009.
 - 4) 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, No. 2, pp. 89-105, 2009.
 - 5) 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, No. 2, pp. 107-114, 2009.
 - 6) 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, No. 2, pp. 127-139, 2009.
 - 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) 佐藤比呂志, 平田直, 伊藤谷生, 岩崎貴哉, 瀧澤一起, 笠原敬司, 伊藤潔, D. Okaya, S. Harder, K. Miller, 井川猛, 太田陽一: 大都市圏地殻構造調査・房総半島縦断地殻構造調査について, 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会, S046-P010, 2003.
 - 13) 佐藤比呂志, 平田直, 岩崎貴哉, 瀧澤一起, 伊藤谷生, 笠原敬司, 伊藤潔, 河村知徳, 井川猛, 川中卓, 阿部進: 大都市圏地殻構造調査・関東山地東縁地殻構造調査について, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, S053-015, 2004.
 - 14) 及川純, 鍵山恒臣, 田中聡, 宮町宏樹, 筒井智樹, 池田靖, 湯山弘明, 松尾道, 大島弘光, 西村裕一, 山本圭吾, 渡辺俊樹, 山崎文人, 渡辺秀文, 藤井敏嗣, 中田節也, 武尾実, 大湊隆雄, 金子隆之, 吉本充宏, 竹田豊太郎, 小山悦郎, 長田昇, 坂守, 羽田敏夫,

橋本信一，辻浩，井本良子，増谷文雄，嶋野岳人，古川晃子，鷺谷威，藤井巖，林能成，宮島力男，山田守，奥田隆，伊藤武雄，橋本武志，前川徳光，鈴木敦生，伊藤拓，三浦康，植木貞人，西村太志，仁田交市，佐藤峰司，下村陽一，野上健治，鬼澤真也，小山田浩子，舟崎淳，近澤心，藤原健治，濱田信生，青木元，高木朗充，山本哲也，林豊，金尾政紀，山下幹也，清水洋，渡邊篤志，是永将宏，大倉敬宏，吉川慎，池田さや香，井口正人，為栗健，八木原寛，平野舟一郎：富士山における人工地震探査—観測および走時の読み取り—，地震研究所彙報，Vol. 81, pp. 71-94, 2007.

- 15) 岡田義光，松村正三，野口伸一：関東・東海地殻活動観測網の稼動状況 - 特別研究「関東・東海地域における地殻活動に関する研究」観測成果のまとめ（その1） - ，防災科学技術研究所研究資料第208号，pp. 1-57, 2000.
- 16) Matsu'ura, R., Karakama, I. and Tsumura, K.: List of Earthquakes in the Kanto Area and its vicinity, Part 1, Earthquake Research Institute, 578 pp., 1988a.
- 17) Matsu'ura, R., Karakama, I. and Tsumura, K.: List of Earthquakes in the Kanto Area and its vicinity, Part 2, Earthquake Research Institute, 562 pp., 1988b.
- 18) Wiemer, S.: A software package to analyze seismicity: ZMAP, Seism. Res. Lett., Vol. 72(3), pp. 373-382, 2001.
- 19) 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, No. 2, pp. 141-148, 2009.
- 20) 宇津徳治：地震活動総説，東京大学出版会，876 pp., 1999.
- 21) 岡田義光：関東・東海地域における人工震源の分布とその時間的変遷，防災科学技術研究所研究報告，Vol. 57, pp. 33-57, 1996.
- 22) Nanjo, K. Z., Schorlemmer, D., Woessner, J., Wiemer, S. and Giardini, D.: Earthquake detection capability of the Swiss Seismic Network, Geophys. J. Int., doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04593.x, 2010.

(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
Japan CSEP Testing Center（口頭）	N. Hirata	CSEP Meeting (Los Angeles, CA, USA)	2009年9月	国際
CSEP-Japan: A rigorous test of earthquake forecasts based on seismicity data(口頭)	K. Z. Nanjo, H. Tsuruoka, N. Hirata, D. Schorlemmer, and F. Euchner	International Symposium on Active Faulting: Forecasting Large Earthquakes from Active Faults in	2010年1月	国際

		Time and Space(淡路市)		
首都圏で起きた地震カタログの統合に向けた品質評価 (ポスター)	楠城一嘉・鶴岡弘・笠原敬司、酒井慎一・平田直・小原一成	日本地震学会2009年秋季大会 (京都市)	2009 年 10 月	国内
日本地震発生予測検証実験予察結果と本実験の開始について (口頭)	楠城一嘉・鶴岡弘・平田直・東大地震研地震活動評価に基づく地震発生予測研究グループ	日本地震学会2009年秋季大会 (京都市)	2009 年 10 月	国内
Proposal For New Testing Regions in Japan (口頭)	K. Nanjo	CSEP Meeting (Los Angeles, CA, USA)	2009年9月	国際
New Data Streams for CSEP (GPS, Focal Mechanisms) (口頭)	K. Nanjo	CSEP Meeting (Los Angeles, CA, USA)	2009年9月	国際
Toward constructing earthquake forecast systems for Japan (ポスター)	K. Z. Nanjo, H. Tsuruoka, N. Hirata, D. Schorlemmer, and F. Euchner	Southern California Earthquake Center 2009 Annual Meeting (Palm Springs, CA, USA)	2009年9月	国際
CSEP earthquake forecast testing center for Japan: Primary scope and recent progress (口頭)	K. Nanjo, H. Tsuruoka, N. Hirata, D. Schorlemmer, and F. Euchner	International Symposium on Earthquake Seismology and Earthquake Predictability (Beijing, China)	2009年7月	国際
Seeds for the panel discussion (口頭)	K. Z. Nanjo	International Symposium "Toward Constructing Earthquake Forecast Systems for Japan" (Tokyo, Japan)	2009年5月	国際

Application of the RI model to forecasting future large earthquakes in Japan(口頭)	K. Z. Nanjo	International Symposium "Toward Constructing Earthquake Forecast Systems for Japan" (Tokyo, Japan)	2009年5月	国際
Result of "Call for earthquake forecast models, test regions & forecast evaluation methods"(口頭)	K. Z. Nanjo	International Symposium "Toward Constructing Earthquake Forecast Systems for Japan" (Tokyo, Japan)	2009年5月	国際
Initial report on the magnitude of complete reporting for Japan, using the Gutenberg-Richter frequency-magnitude law (口頭)	K. Nanjo, H. Tsuruoka, N. Hirata, and Y. Ishigaki	Japan Geoscience Union Meeting 2009 (Chiba, Japan)	2009年5月	国際
Initial report on completeness magnitude for Japan: A GR-based approach to the JMA catalog data (口頭)	K. Z. Nanjo, H. Tsuruoka, N. Hirata, Y. Ishigaki, and D. Schorlemmer	The 6th International Workshop on Statistical Seismology (Lake Tahoe, CA, USA)	2009年4月	国際
An Outline of the Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in the Tokyo Metropolitan Area - subproject I: Characterization of the plate structure and source faults in and around the Tokyo Metropolitan area (口頭)	N. Hirata	The 3rd SCEC-ERI joint workshop "Earthquake Hazards in Urban Areas" And "Toward Constructing Forecast Systems of Earthquakes" (Tokyo, Japan)	2010年3月	国際

Japan CSEP Testing Center - Progress Report (口頭)	H. Tsuruoka	The 3rd SCEC-ERI joint workshop “Earthquake Hazards in Urban Areas” And “Toward Constructing Forecast Systems of Earthquakes” (Tokyo, Japan)	2010年3月	国際
Completeness study for the JMA catalog: A Baseline for Rigorous Tests of Earthquake Forecasts for Japan (口頭)	K. Z. Nanjo	The 3rd SCEC-ERI joint workshop “Earthquake Hazards in Urban Areas” And “Toward Constructing Forecast Systems of Earthquakes” (Tokyo, Japan)	2010年3月	国際
「首都直下地震防災・減 災特別プロジェクト」の 概要(口頭)	平田 直	日本地球惑星科学 連 合 2009 年 大 会 (千葉市)	2009年5月	国内
首都圏地震観測網 (MeSO-net: Metropolitan Seismic Observation network)の構築(2)(口 頭)	笠原敬司・平田 直・酒井慎一・ 佐々木俊二・中 川茂樹・森田裕 一・鶴岡弘・小 原一成・棚田俊 收	日本地球惑星科学 連 合 2009 年 大 会 (千葉市)	2009年5月	国内
首都圏地震観測網 (MeSO-net)の観測シス テムの開発 - 保守性能の 高い地震観測システム (口頭)	森田裕一・笠原 敬司・酒井慎 一・平田 直・ 中川茂樹・佐々 木俊二・佐藤峰 司	日本地球惑星科学 連 合 2009 年 大 会 (千葉市)	2009年5月	国内
MeSO-net観測データを用 いた学校向けコンテンツ の開発(口頭)	伊東明彦・笠原 敬司・鶴岡 弘・酒井慎一・	日本地球惑星科学 連 合 2009 年 大 会 (千葉市)	2009年5月	国内

	中川茂樹・大木聖子・平田直			
首都圏地震観測網（MeSO-net）でとらえた波形と地震活動（口頭）	酒井慎一・笠原敬司・佐々木俊二・中川茂樹・鶴岡弘・蔵下英司・加藤愛太郎・五十嵐俊博・飯高隆・森田裕一・平田直・棚田俊収・関根秀太郎・小原一成	日本地球惑星科学連合2009年大会（千葉市）	2009年5月	国内
地震波干渉法による首都圏の地震基盤構造の推定：首都圏地震観測網（MeSO-net）つくば-横浜測線データの解析（口頭）	吉本和生・平田直・笠原敬司・酒井慎一・小原一成・棚田俊収・鶴岡弘・中川茂樹・中原恒・木下繁夫・佐藤比呂志	日本地球惑星科学連合2009年大会（千葉市）	2009年5月	国内
MeSO-net データを用いた関東地方のQ構造（口頭）	関根秀太郎・小原一成・酒井慎一・中川茂樹・笠原敬司・平田直・棚田俊収	日本地球惑星科学連合2009年大会（千葉市）	2009年5月	国内
Soil/Bedrock Characterization, NEHRP Site Classes and Engineering Parameters Calculations in the Kanto Region, Central Japan（口頭）	F. Mohammed・平田直	日本地球惑星科学連合2009年大会（千葉市）	2009年5月	国内
首都圏地震観測網（MeSO-net）の観測システムの開発（その2）：フィールドバスシステム（ポスター）	佐藤峰司・加藤拓弥・森田裕一・中川茂樹・笠原敬司・平田直・棚田俊収	日本地球惑星科学連合2009年大会（千葉市）	2009年5月	国内
首都圏地震観測網	加藤拓弥・鏡	日本地球惑星科学	2009年5月	国内

(MeSO-net)のために新たに開発したACT(自律協調型データ伝送)プロトコル(ポスター)	弘道・森田裕一・平田直・笠原敬司・酒井慎一・中川茂樹	連合2009年大会(千葉市)		
MeSO-net観測点におけるボアホール地震計の設置方位の推定(ポスター)	佐々木俊二・笠原敬司・酒井慎一・中川茂樹・森田裕一・鶴岡弘・平田直・汐見勝彦・関根秀太郎・小原一成・棚田俊收	日本地球惑星科学連合2009年大会(千葉市)	2009年5月	国内
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(ポスター)	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	日本地球惑星科学連合2009年大会(千葉市)	2009年5月	国内
首都直下の不均質構造のイメージング(3)(ポスター)	中川茂樹・酒井慎一・萩原弘子・加藤愛太郎・笠原敬司・佐々木俊二・棚田俊收・小原一成・平田直	日本地球惑星科学連合2009年大会(千葉市)	2009年5月	国内
首都圏地震観測網(MeSO-net)による関東直下の震源分布とメカニズム解の特徴(ポスター)	加藤愛太郎・酒井慎一・笠原敬司・佐々木俊二・中川茂樹・鶴岡弘・蔵下英司・五十嵐俊博・飯高隆・森田裕一・平田直・棚田俊收・関根秀太郎・小原一成	日本地球惑星科学連合2009年大会(千葉市)	2009年5月	国内
首都圏地震観測網(MeSO-net)における学校	鶴岡弘・酒井慎一・中川茂	日本地球惑星科学連合2009年大会	2009年5月	国内

向けコンテンツ（ポスター）	樹・笠原敬司・伊東明彦・大木聖子・平田 直	（千葉市）		
Imaging of Heterogeneous Structure beneath the Metropolitan Tokyo Area（ポスター）	Nakagawa, S, Sakai, S, Kurashimo, E, Kato, A, Hagiwara, H, Kasahara, K, Tanada, T, Obara, K, and Hirata, N	American Geophysical Union, Fall Meeting 2009 (San Francisco, CA, USA)	2009 年 12 月	国際
Waveform through the subducted plate under the Tokyo region in Japan observed by a ultra-dense seismic network (MeSO-net) and seismic activity around mega-thrust earthquakes area（ポスター）	Sakai, S, Kasahara, K, Nanjo, K, Nakagawa, S, Tsuruoka, H, Morita, Y, Kato, A, Iidaka, T, Hirata, N, Tanada, T, Obara, K, Sekine, S, and Kurashimo, E	American Geophysical Union, Fall Meeting 2009 (San Francisco, CA, USA)	2009 年 12 月	国際
Realtime source inversion using W-phase and GRiD MT for regional tsunami early warning（ポスター）	Tsuruoka, H, Rivera, L A, Kawakatsu, H, and Kanamori, H	American Geophysical Union, Fall Meeting 2009 (San Francisco, CA, USA)	2009 年 12 月	国際
MeSO-net観測データを用いた学校向けコンテンツの開発その開発WGの立ち上げと開発方針（ポスター）	伊東明彦・笠原敬司・鶴岡弘・酒井慎一・中川茂樹・大木聖子・平田 直	日本地震学会2009年秋季大会（京都市）	2009 年 10 月	国内
緊急地震速報体験データベースの開発（ポスター）	鶴岡 弘	日本地震学会2009年秋季大会（京都市）	2009 年 10 月	国内
地震波干渉法による首都圏の地震基盤構造の推定	吉本和生・平田直・笠原敬司・	日本地震学会2009年秋季大会（京都市）	2009 年 10 月	国内

(口頭)	酒井慎一・小原一成・棚田俊收・鶴岡 弘・中川茂樹・中原恒・木下繁夫・佐藤比呂志	市)		
2009年8月11日駿河湾地震はフィリピン海スラブ内で発生したのか(ポスター)	加藤愛太郎・酒井慎一・金沢敏彦・岩崎貴哉	日本地震学会2009年秋季大会(京都市)	2009年10月	国内
首都直下の不均質構造のイメージング(4)(ポスター)	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	日本地震学会2009年秋季大会(京都市)	2009年10月	国内
MeSO-netに記録された脈動記録を用いた関東平野波速度構造の推定(ポスター)	西田 究・利根川貴志・中川茂樹・酒井慎一・笠原敬司・棚田俊收・小原一成・平田 直	日本地震学会2009年秋季大会(京都市)	2009年10月	国内
首都圏地震観測網(MeSO-net)でとらえた地震波形(ポスター)	酒井慎一・笠原敬司・楠城一嘉・中川茂樹・鶴岡 弘・蔵下英司・加藤愛太郎・飯高 隆・森田裕一・平田直・棚田俊收・小原一成	日本地震学会2009年秋季大会(京都市)	2009年10月	国内

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
首都直下地震防災・減災特別プロジェクト序文	平田 直・酒井慎一・蔵下英司・中川茂樹・	地震研究所彙報	2010年1月	国内

	楠城一嘉			
「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「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	平田 直・酒井 慎一・佐藤比呂志・佐竹健治・瀧澤一起	地震研究所彙報	2010 年 1 月	国内
首都圏地震観測網の設置計画	酒井 慎一・平田 直	地震研究所彙報	2010 年 1 月	国内
首都圏地震観測網（MeSO-net）の展開	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	地震研究所彙報	2010 年 1 月	国内
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—	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	地震研究所彙報	2010 年 1 月	国内
首都圏地震観測網データセンターの構築と運用	中川茂樹・鶴岡 弘・川北優子・酒井 慎一・平田 直	地震研究所彙報	2010 年 1 月	国内
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	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	地震研究所彙報	2010 年 1 月	国内
首都圏地震観測網（MeSO-net）で見られる様々なノイズ	川北優子・酒井 慎一	地震研究所彙報	2010 年 1 月	国内
首都圏の地震カタログの統合へ向けた品質評価	楠城一嘉・鶴岡 弘・笠原敬司・酒井 慎一・平田 直・小原一成	地震研究所彙報	2010 年 1 月	国内

地震発生予測検証実験に関する公募	楠城一嘉・鶴岡弘・平田 直・地震活動の評価に基づく地震発生予測研究グループ	日本地震学会ニュースレター	2009年	国内
地震発生予測システムの構築に向けて-統計物理学者に望むこと-	楠城一嘉・鶴岡弘・平田 直・笠原敬司	物性研究	2009年	国内
Call for Papers: Special Issue of Earth, Planets and Space (EPS) “Earthquake Forecast Testing Experiment for Japan”	N. Hirata, T. H. Jordan, H. Tsuruoka, and K. Z. Nanjo	Earth Planets and Space	2009年	国際
Asperity and Barriers of the 2004 Mid-Niigata Prefecture Earthquake Revealed by Seismic Observations	Kato, A., T. Miyatake, and N. Hirata	Bull. Seism. Soc. Am.	2010年	国際
日本の地震予知研究 - 地震予知のための観測研究計画 -	平田 直	地震2	2009年	国内
Reactivation of ancient rift systems triggers devastating intraplate earthquakes	Kato, A., E. Kurashimo, T. Igarashi, S. Sakai, T. Iidaka, M. Shinohara, T. Kanazawa, T. Yamada, N. Hirata, and T. Iwasaki	Geophys. Res. Lett.	2009年	国際
Anomalous Seismic Attenuation along the Plate Collision Boundary in Southeastern Taiwan: Observations from a Linear Seismic Array	Lee, C-P., N. Hirata, and B-S. Huang	Bull. Seism. Soc. Am.	2009年	国際
エッセイ 駿河湾で地震	平田 直	地震ジャーナル	2009年	国内

が起きた				
------	--	--	--	--

マスコミ等における報道・掲載
なし

(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

(3) 平成 22 年度業務計画案

平成 22 年度は、東京都、神奈川県、千葉県、茨城県の地域に 23 観測点を設置する予定である。これらの観測点を統合収録し、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う。観測点密度が増すとともに、得られる地震情報が増加するため、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が、より鮮明な解像度で得られるように解析を進める。一方で、これまでに得られた関東の地震カタログを整理し、それぞれのカタログにある検測値を統合して震源再決定を行う。収集したデータを学校教育に活かすための連絡組織の運営を推進する。

表 1. 平成 21 年度に設置した観測点一覧

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	高洲小学校	35.63534	139.91560
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	船橋三番瀬海浜公園	35.67222	139.96694
W041	E.NMDM	夏見台小学校	35.72164	139.99500
W112	E.IIYM	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	35.62274	139.43390
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	35.53347	139.08961
YN12	E.ZKUM	善之木運動場	35.48772	138.97061

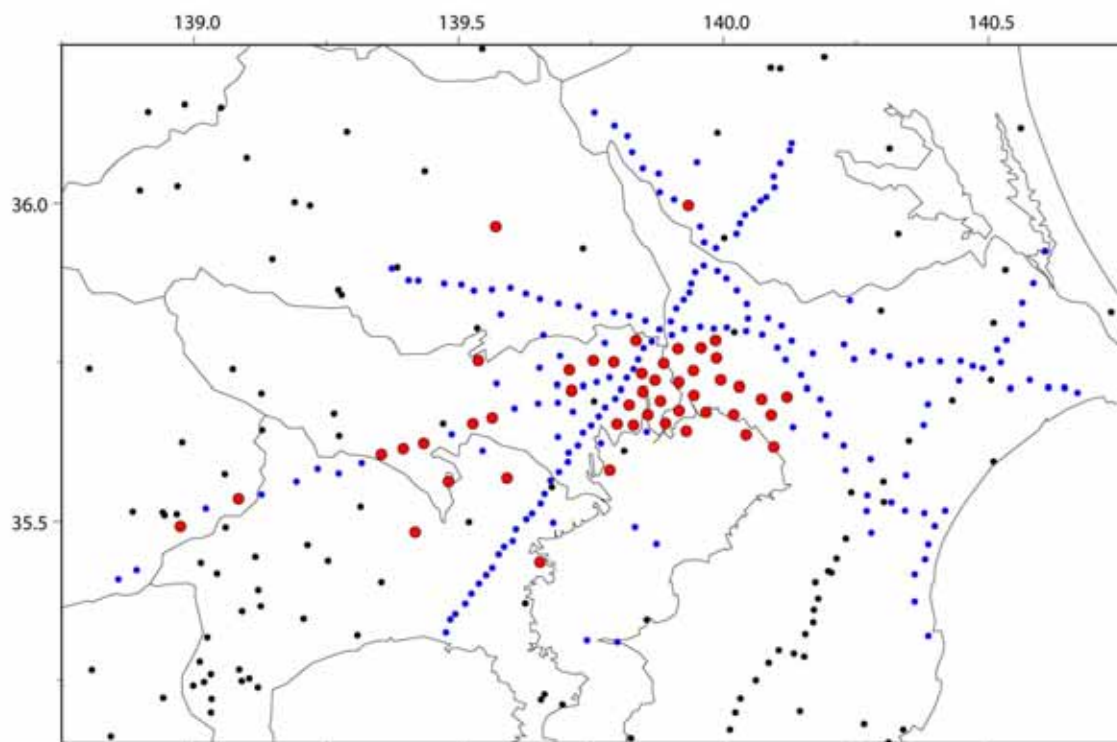


図1 MeSO-net 観測点分布 (赤：2009 年度設置, 青：2007～2008 年度設置, 黒：既存テレメータ観測点)。

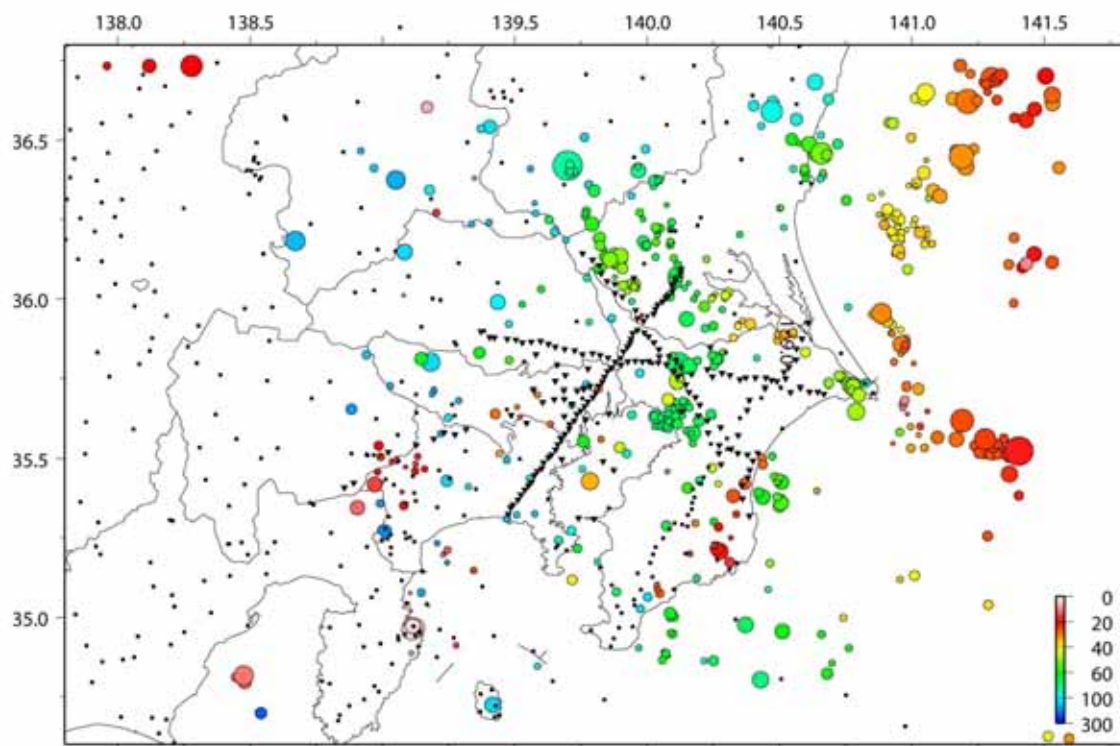


図2 MeSO-net で観測した震源分布 (2009 年 4 月～2009 年 12 月, M2 以上)。

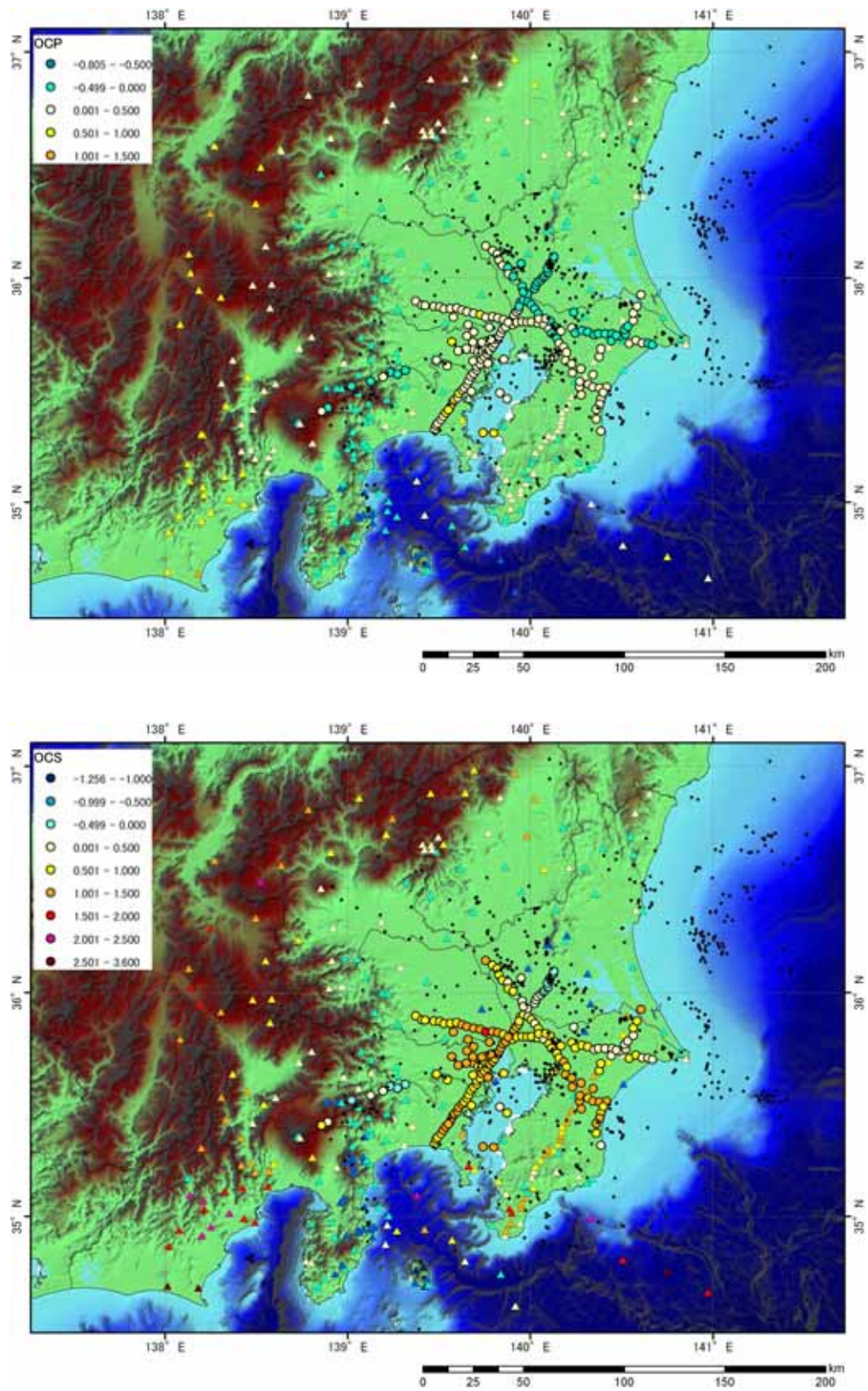


図3 MeSO-net 観測の観測点補正值の分布（上図：P, 下図：S）。

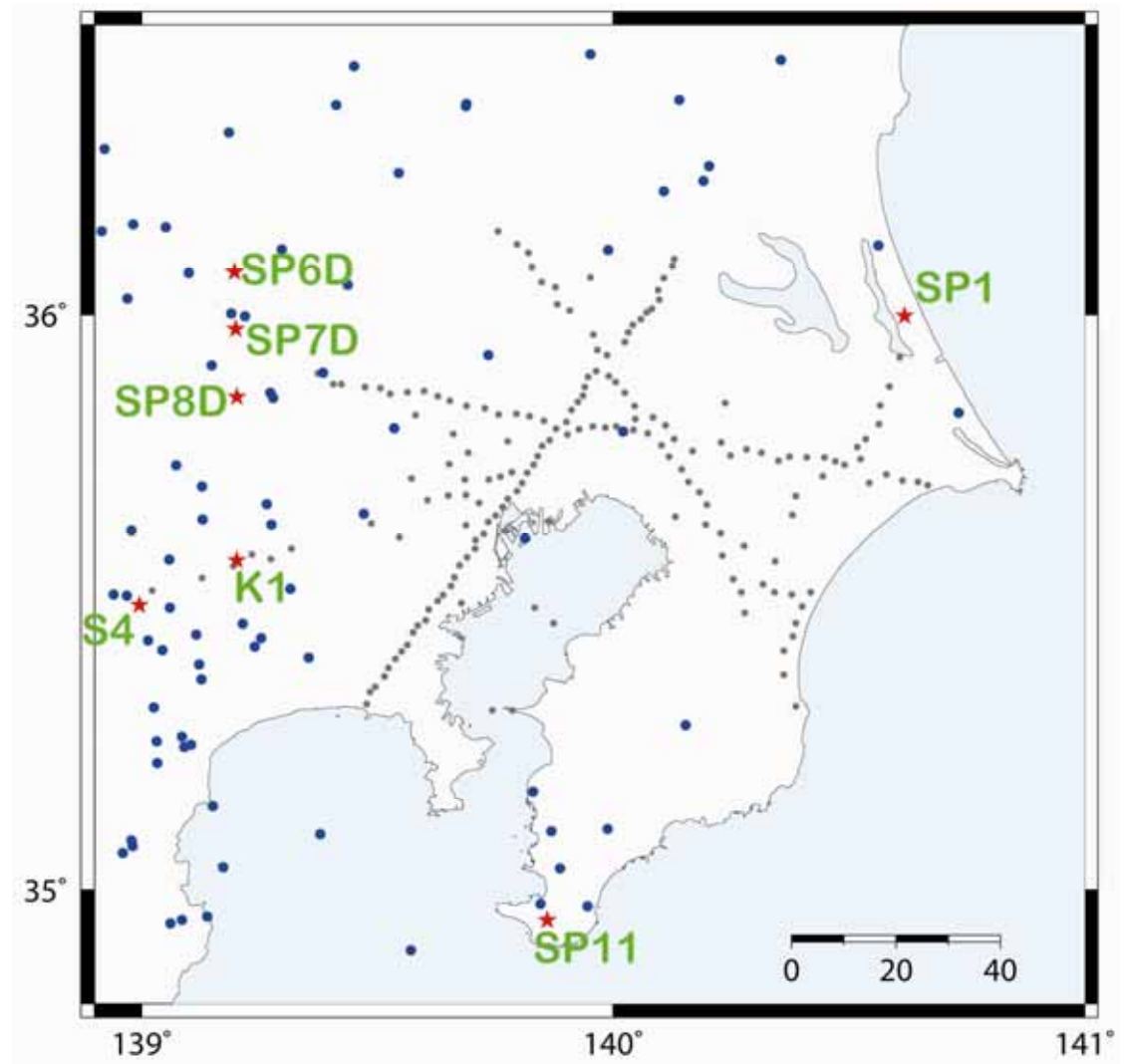


図 4 地震波トモグラフィー解析で用いた過去に行われた発破。解析に用いた発破を赤星，解析に用いた観測点を青●で示す。灰●は，MeSO-net の観測点を示す。

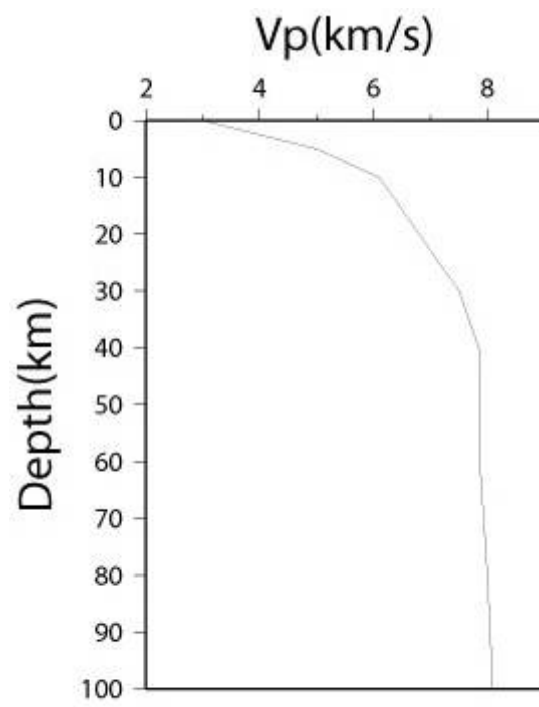


図 5 P 波の初期速度構造モデル。

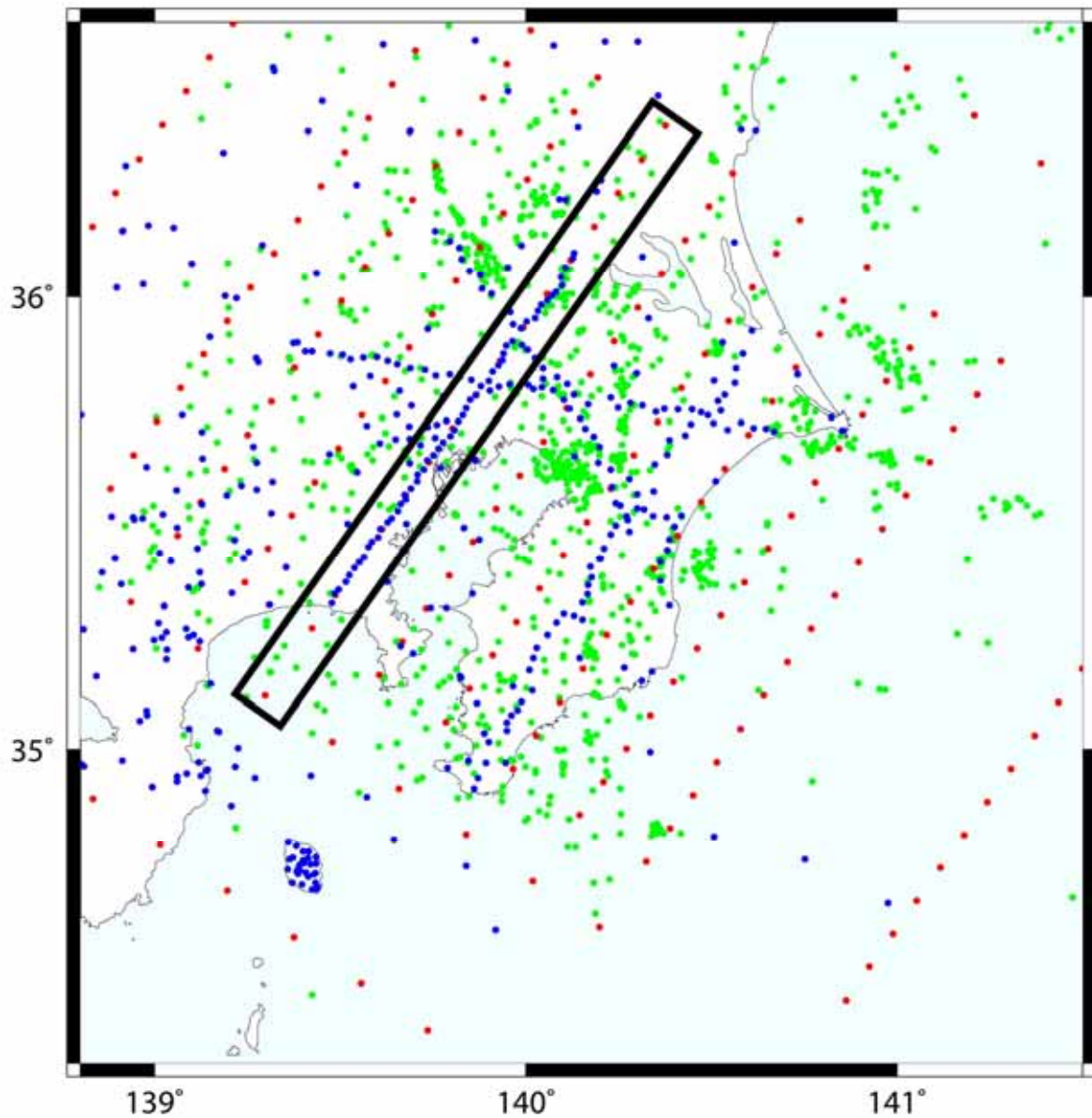


図6 つくば - 藤沢測線におけるグリッド配置。青丸は地震観測点，緑丸は震央，赤丸はグリッド位置を示す。黒四角で囲った領域（つくば - 藤沢測線）の解析結果を図7に示す。

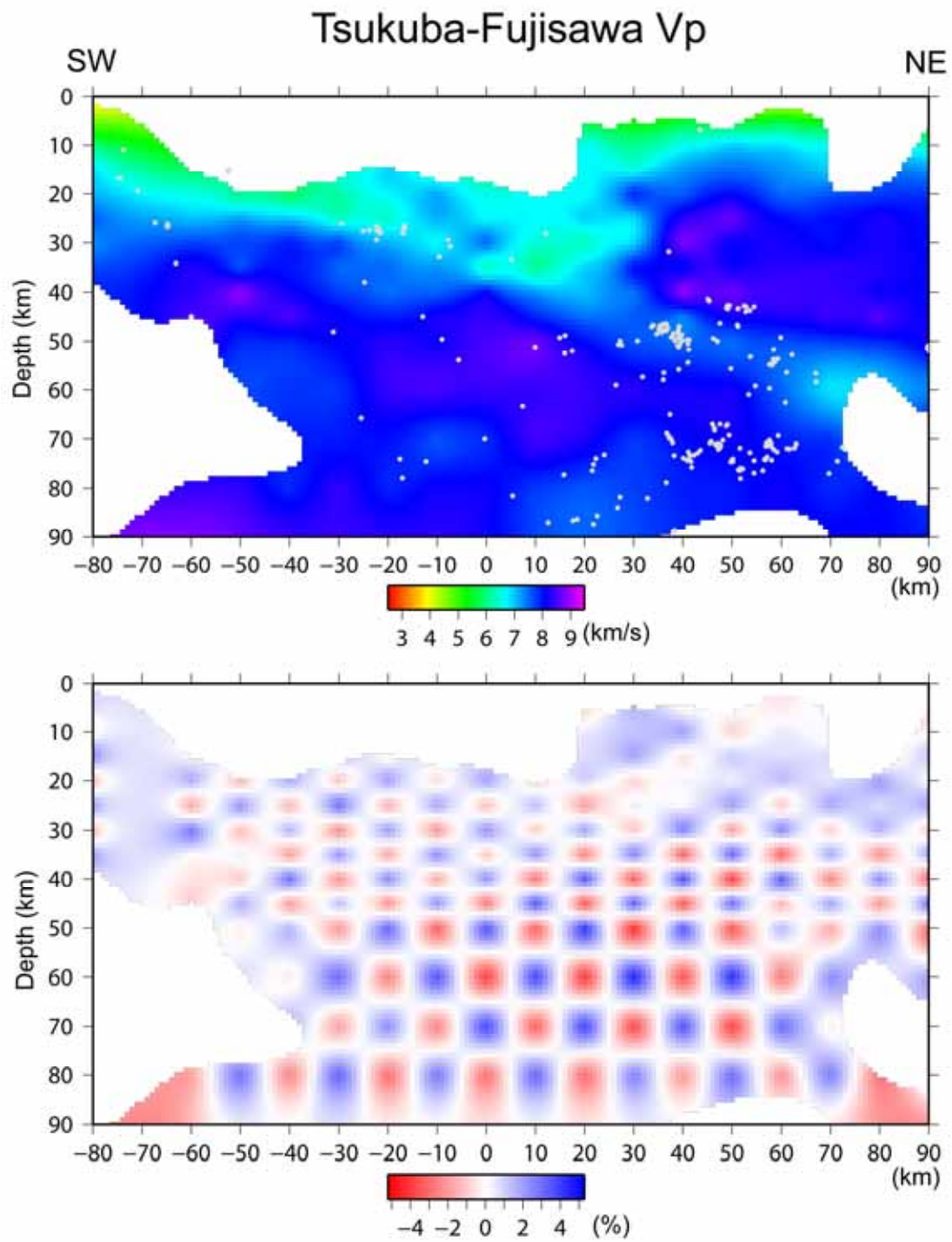


図7 (上) 推定したP波地震波速度構造の断面図。白点は震源を示す。(下) チェッカーボードレゾリューションテストの結果。P波の速度パーターベーション断面を示す。

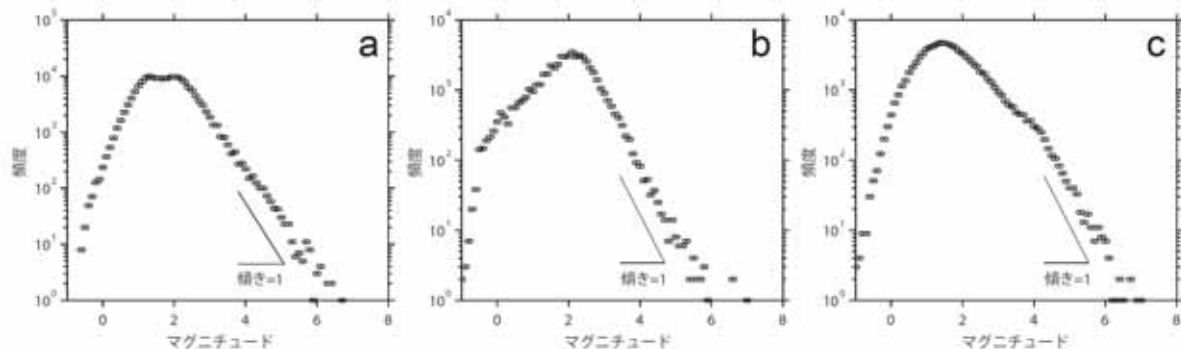


図 8 地震の規模別頻度分布。(a)NIED カタログ、(b)ERI カタログ、(c)JMA カタログ。(c)については、1970 - 1999 年の地震のデータを用いた。楠城他 (2009) を修正。

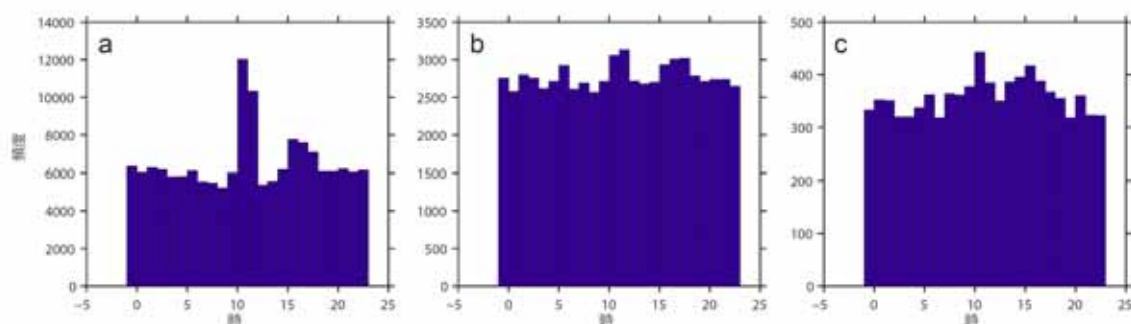


図 9 NIED カタログにおける地震の頻度の日変化。(a-c)はそれぞれ、マグニチュード $M \geq 1$ 、2、3 の地震データを基にして作成された。楠城他 (2009) を修正。

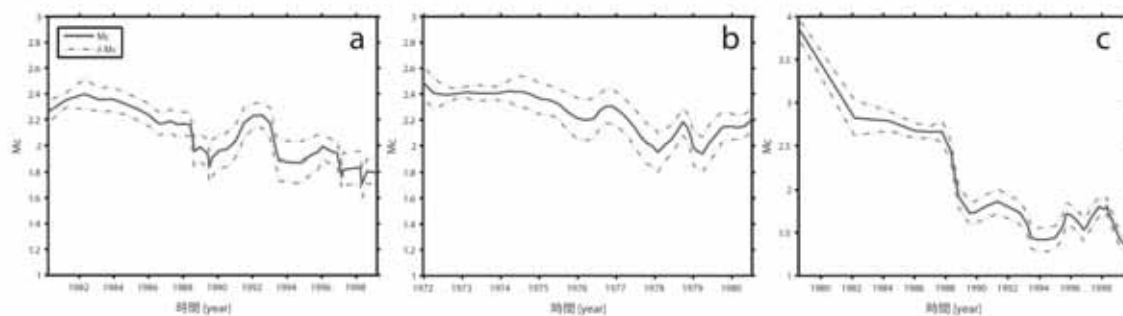


図 10 下限マグニチュード (M_C) の時間変化。(a)NIED カタログ、(b)ERI カタログ、(c)JMA カタログ。ブートストラップ法を当てはめて、 M_C の標準偏差 (δM_C) も求めた。楠城他 (2009) を修正。