

### 3. 1 断層帯の三次元的形状・断層帯周辺の地殻構造解明のための調査観測

#### b 自然地震観測に基づく断層周辺の広域的 3次元構造調査

##### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 自然地震観測に基づく断層周辺の広域的 3次元構造調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
独立行政法人 防災科学技術研究所地震研究部 地震観測データセンター	データセンター長	小原 一成	obara@bosai.go.jp
同	主任研究員	松原 誠	mkmatsu@bosai.go.jp
同	主任研究員	武田 哲也	ttakeda@bosai.go.jp
同	主任研究員	浅野 陽一	asano@bosai.go.jp

(c) 業務の目的

神縄・国府津－松田断層帯（以下、「本断層帯」）を取り囲む丹沢山地－富士山周辺部は、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う多重衝突によって、いくつかの断層帯と複雑なブロック的地殻構造を形成している。本業務では、本断層帯およびその周辺域の全体像を把握するため、機動的地震観測点を設置し、観測により得られたデータを用いて地震波トモグラフィー等の解析を行い、地殻・プレート境界周辺における微小地震活動及び陸域の断層周辺の3次元地震波速度構造を解明し、不明の点が多く残されている断層北縁部及び西方延長部の詳細な構造を求める。

(d) 3カ年の年次実施計画

1) 平成 21 年度：

既存の基盤的地震観測網および火山観測網のデータに基づき、これまでの地震活動の震源・発震機構解再決定、地震波トモグラフィー等の予備的解析を実施し、本断層帯周辺の地殻・プレート構造に関する概観的モデルを得る。また、機動的地震観測点を2点設置してノイズ環境等を調査し、また、震源決定やトモグラフィー解析の分解能向上を評価し、翌年度に展開する機動的地震観測点の配置を検討する。

2) 平成 22 年度：

機動的地震観測点を28点設置する。平成21年度に設置した2点とあわせて30観測点のデータ回収・バッテリー交換などの保守を行う。機動観測点により得られた連続データと、防災科学技術研究所の高感度地震観測網・神奈川県温泉地学研究所等の既存観測網データを併合処理するシステムを構築するとともに試験的な処理を行う。

3) 平成 23 年度：

高精度震源再決定、発震機構解、地震波トモグラフィー等の解析を行い、地殻・

プレート境界周辺における微小地震活動及び地下不均質構造を解明し、地殻内ブロック構造及び西方延長域下の断層帯深部延長の性状や、多重衝突帯内の分岐断層における地震活動等を明らかにする。

(e) 平成 21 年度業務目的

既存の基盤的地震観測網および火山観測網のデータに基づき、これまでの地震活動の震源・発震機構解再決定、地震波トモグラフィー等の予備的解析を実施し、神縄・国府津－松田断層帯周辺の地殻・プレート構造に関する概観的モデルを得る。また、機動的地震観測点を 2 点設置してノイズ環境等を調査し、また、震源決定やトモグラフィー解析の分解能向上を評価し、翌年度に展開する機動的地震観測点の配置を検討する。

(2) 平成 21 年度の成果

(a) 業務の要約

既存の基盤的地震観測網および火山観測網のデータに基づき、これまでの地震活動の震源・発震機構解再決定、地震波トモグラフィー等の予備的解析を実施し、神縄・国府津－松田断層帯周辺の地殻・プレート構造に関する概観的モデルを得た。また、機動的地震観測点を 2 点設置してノイズ環境等を調査し、また、震源決定やトモグラフィー解析の分解能向上を評価し、翌年度に展開する機動的地震観測点の配置を検討した。

(b) 業務の成果

1) 既存の観測網に基づく予備的解析から得られた神縄・国府津－松田断層帯周辺の地殻・プレート構造に関する概観的モデル

a) 地震活動の震源・発震機構解再決定

神縄・国府津－松田断層帯周辺において、防災科学技術研究所（以下、「防災科研」）の高感度地震観測網（以下、「Hi-net」）により 1 次元速度構造を用いて決められた震源と発震機構解を Matsubara et al. (2008) の 3 次元速度構造を用いて再決定した。結果を図 1 に示す。地震のクラスター的な分布がより明瞭になった。東経 139.05° 付近には、地震活動の低調な領域が見られる。

b) 地震波トモグラフィー解析

トモグラフィー解析により得られた結果を図 2～5 に示す（松原・他，2007）。深さ 5 km の水平断面図（図 2）では、山梨県南西部の櫛形山ブロックの低速度領域がイメージングされている。これは、中新世火山弧の火山噴出物である。一方、御坂ブロックや丹沢ブロックは高速度領域としてイメージングされている。この領域は、火山性内孤を構成した火山噴出物に中新統の花崗岩体が貫入し、深成岩体が相対的に高速度領域となっている。深さ 25 km の水平断面（図 3）では、フィリピン海プレートの海洋性地殻の低速度領域と、その南側のフィリピン海プレートマントル部の高速度領域が東京都中央部－神奈川県西部・静岡県的身延山－浜名湖にかけて明瞭にイメージングされている。深さ 40 km の水平断面（図 4）からは、沈み込むフィリピン海プレートの海洋性地殻と陸側マントルの低速度領域が、

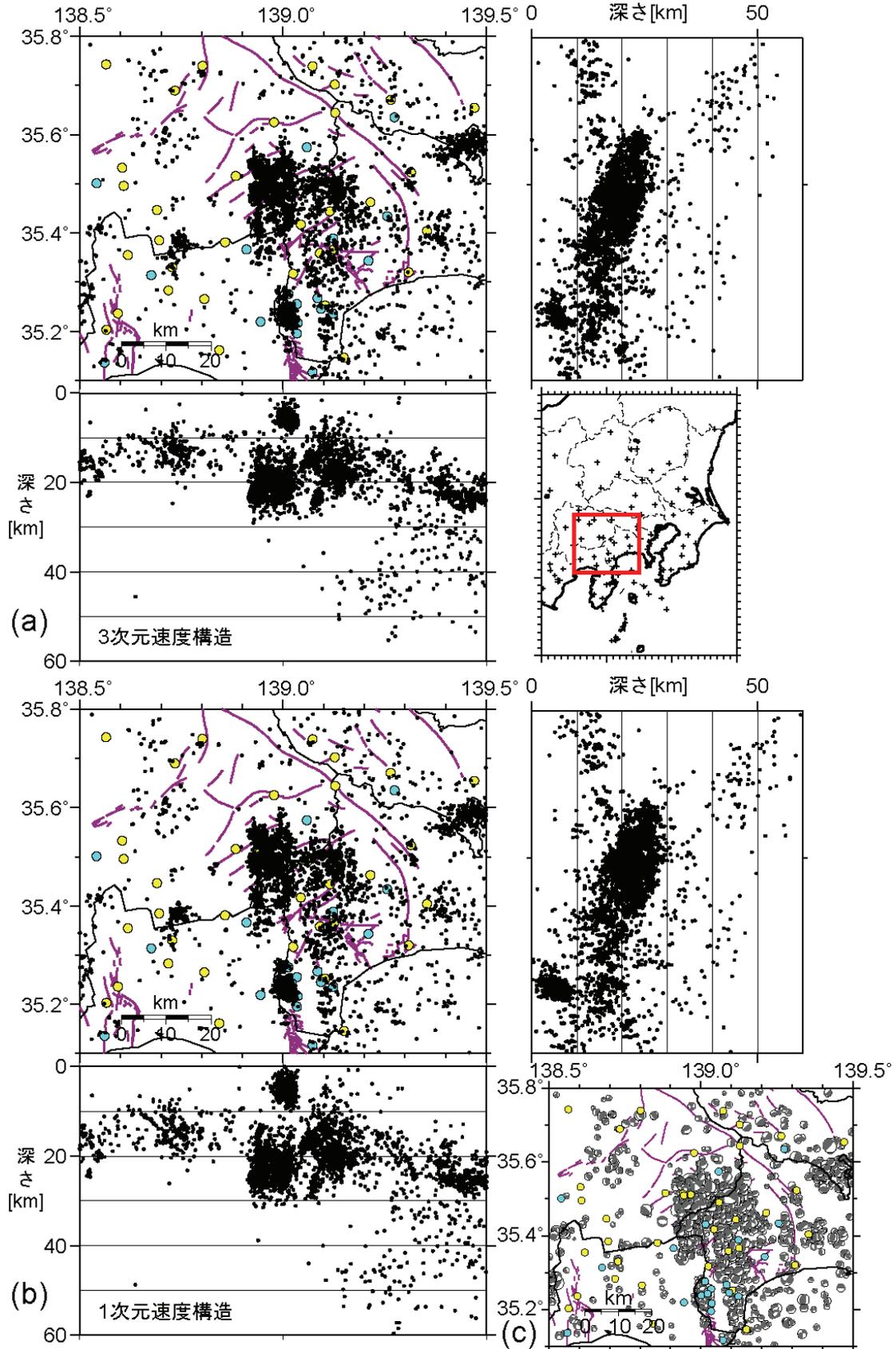


図1 (a) 3次元構造を用いて再決定された震源分布 (b) 防災科研 Hi-net により 1次元構造で決められた震源分布 (c) 3次元構造で再決定された発震機構解分布  
黄丸は防災科研の観測網、水色丸は他機関の定常観測網の位置を示す。

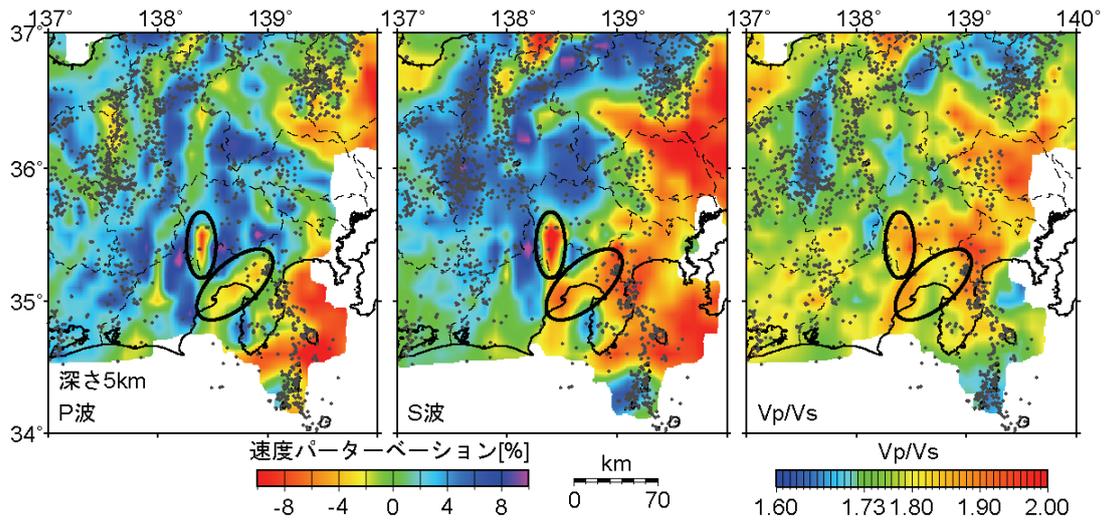


図2 深さ 5 km における P 波・ S 波速度パーターベーション・ Vp/Vs 構造  
 黒い点は速度構造解析に用いて、 3 次元構造により再決定された震源分布のうち ± 5 km の範囲の震源分布を示す。

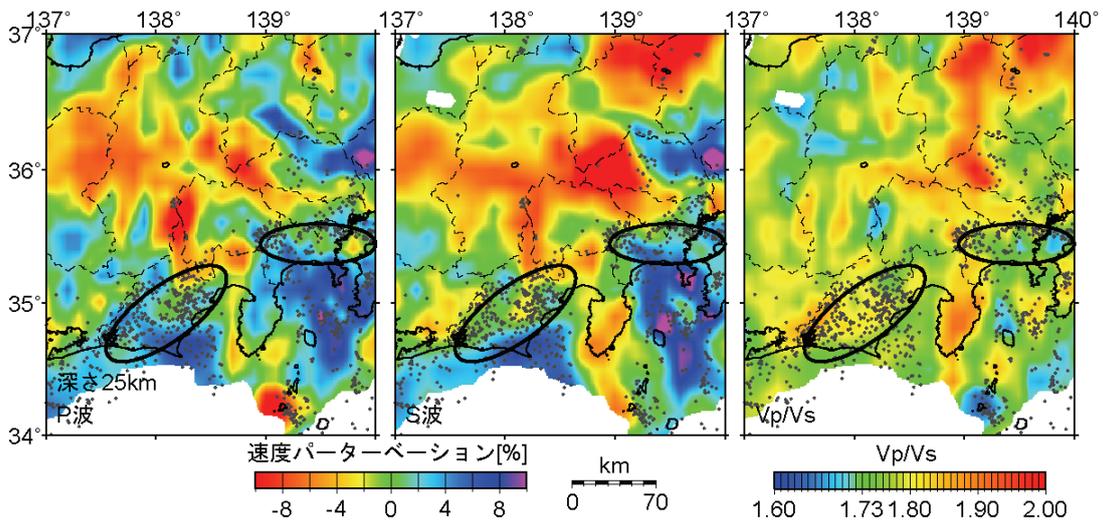


図3 深さ 20km における P 波・ S 波速度パーターベーション・ Vp/Vs 構造

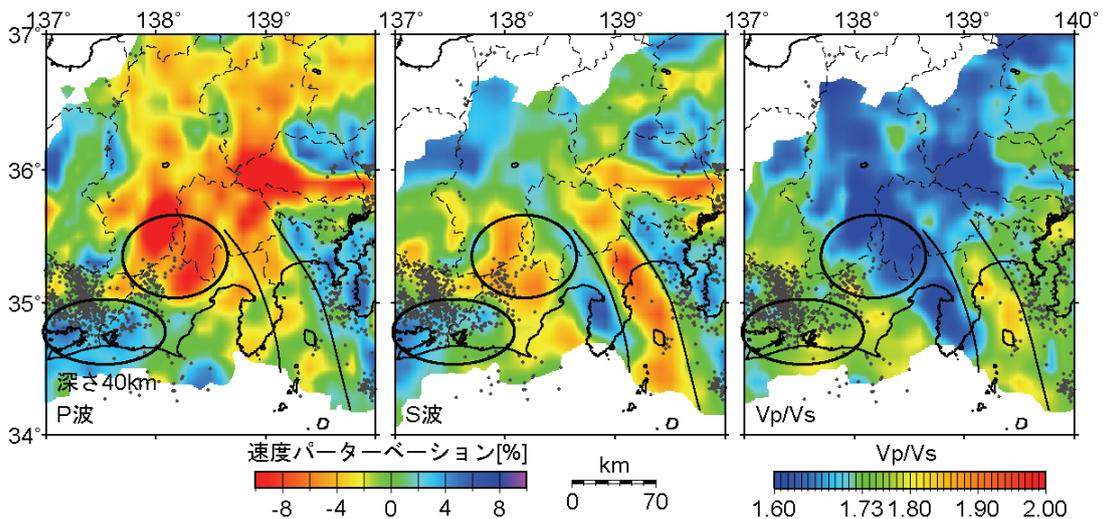


図4 深さ 45km における P 波・ S 波速度パーターベーション・ Vp/Vs 構造

南側にはフィリピン海プレートのマントル部の高速度領域がイメージングされている。また、山梨県東部－神奈川県西部－相模湾の領域では幅 40km 程度の低速度領域が見られる。S 波に顕著な低速度領域であり火山フロントと一致する。

伊豆－箱根－那須を横切る北北東－南南西断面（図 5）では、深さ 100km 程度まで沈み込むフィリピン海プレートの高速度領域が明瞭であり、太平洋プレートと接触している様子がイメージングされている。地震活動は、神奈川県北西部の深さ 10～30km の地震はプレート境界－フィリピン海プレート内にかけての地震である。一方、深さ 40～60km の東京都から埼玉県直下ではフィリピン海プレート内の高速度領域でのみ発生し、さらに深く 60～100km ではプレート境界部の低速度領域で再び発生している。この測線は、Asano et al. (1985) の測線と同じであり、彼らは、伊豆半島と箱根火山の境界部コンラッド面は北へ浅くモホ面は北に深くなり、コンラッド面は神縄断層の北側では北に向かって 20° 程度で傾斜していると指摘している。本解析により得られた P 波速度断面から、6.5km/s の等速度線が伊豆半島の北部の北緯 35.2° 付近で北へ浅く神縄断層を越えて北へ深くなっており、Asano et al. (1985) の結果と一致していることが分かる。パートナーーションを見ると神奈川北部ではやや北に傾いた低速度領域が深さ 5～20km まで存在し（図 5 の○部分）地表へ延長すると丹沢ブロックの北限から四万十帯・秩父南帯と一致する。また、丹沢ブロックの北側には丹沢ブロック衝突前面のトラフ充填堆積物が分布し、丹沢ブロックの深部を構成する深成岩及び変成岩類の高速度域と四万十帯を構成する低変成の先新第三系に挟まれ北傾斜の低速度層を構成していると考えられる。

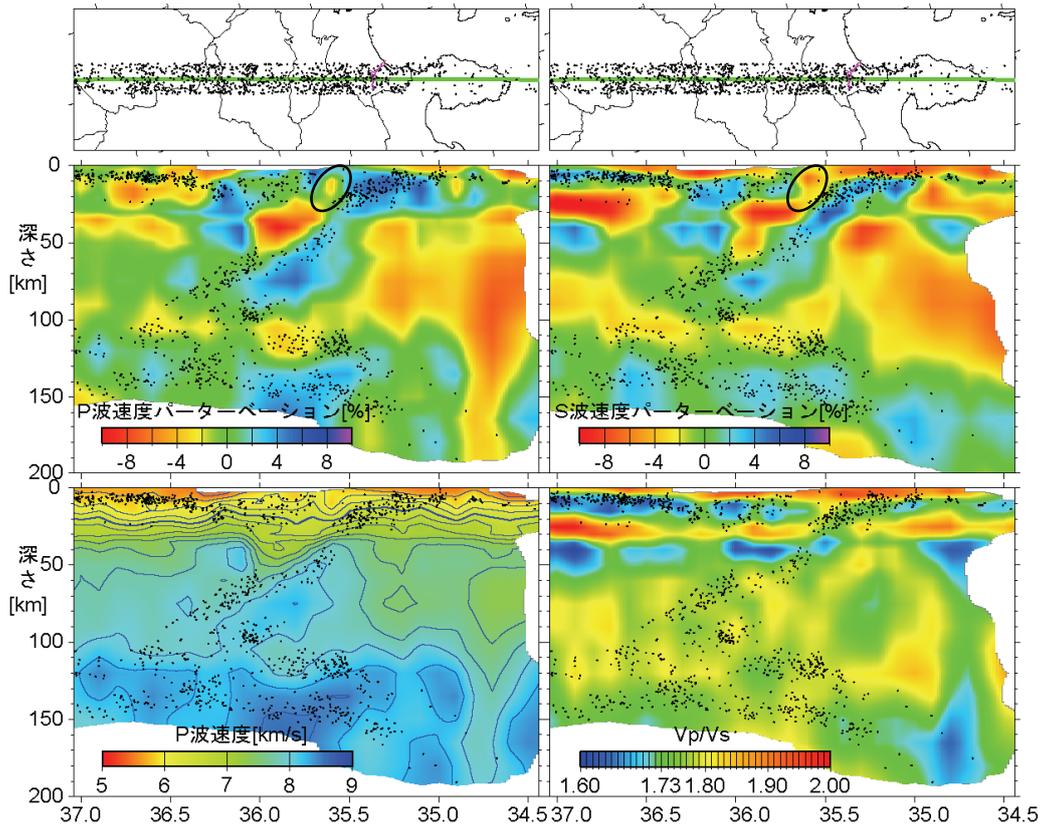


図5 伊豆一箱根一那須を横切る北北東一南南西断面

黒い点は速度構造解析に用いて、3次元構造により再決定された震源分布を示す。紫の線は神縄・国府津一松田断層帯の位置を示す。

2) 2点の機動的地震観測点設置およびノイズ環境等調査

a) 観測点設置

神奈川県内に機動的地震観測点を2点設置した。2点の位置は表1のとおりである。設置された様子を図6に観測点の位置を図7に示す。

表1 本業務によって整備された観測点（緯度および経度は世界測地系による）

観測点名/観測点コード	緯度(度)	経度(度)	センサー標高(m)
N. KM05	35.2121	139.1213	380
N. KM16	35.4259	138.9680	575



図6 機動的観測点設置状況

b) ノイズ環境調査

2009年12月21日15時02分に箱根の直下の深さ174kmで発生したマグニチュード3.4の地震について、機動的観測点で観測された波形を、近傍にある防災科研Hi-net観測点で得られた波形と併せて図8に示す。また、機動観測点における3成分の波形を図9に示す。さらに、機動的観測点とHi-net観測点において、この地震が発生する前に観測されたノイズ波形を図10に示す。地中の深さ約100mに設置された防災科研Hi-netの記録と比較しても同程度のノイズレベルであることが分かる。ノイズの大きさを表2に示す。

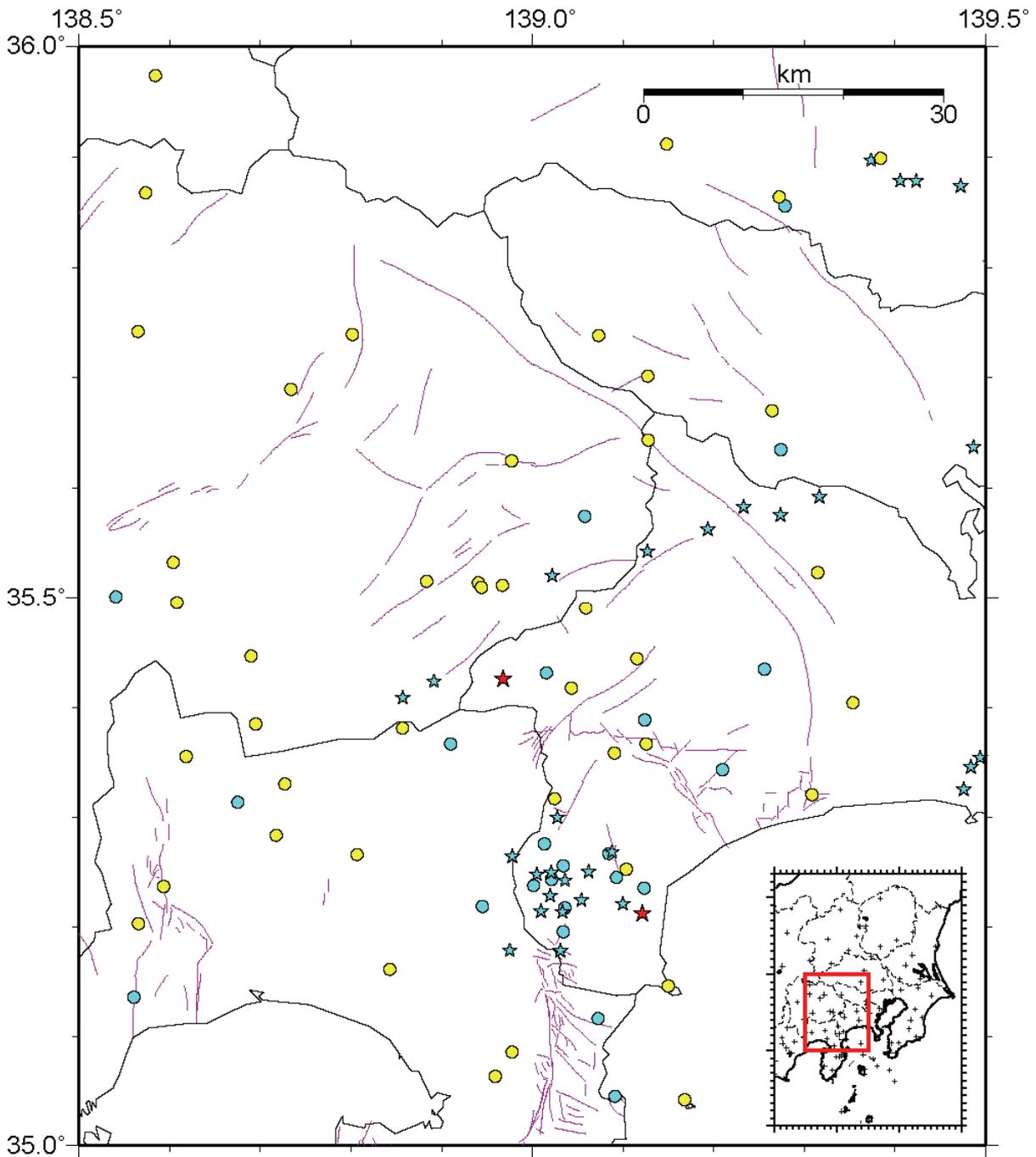


図7 機動的観測点設置位置

今年度設置した2点の機動的観測点の位置を赤い☆で示す。黄丸は防災科研の定常観測網の観測点の位置を、水色の丸は他機関の定常観測網の位置を、水色の星は温泉地学研究所の臨時観測点や首都直下プロジェクトの観測点の位置を示す。紫の線は活断層の位置（活断層研究会，1991）を示す。

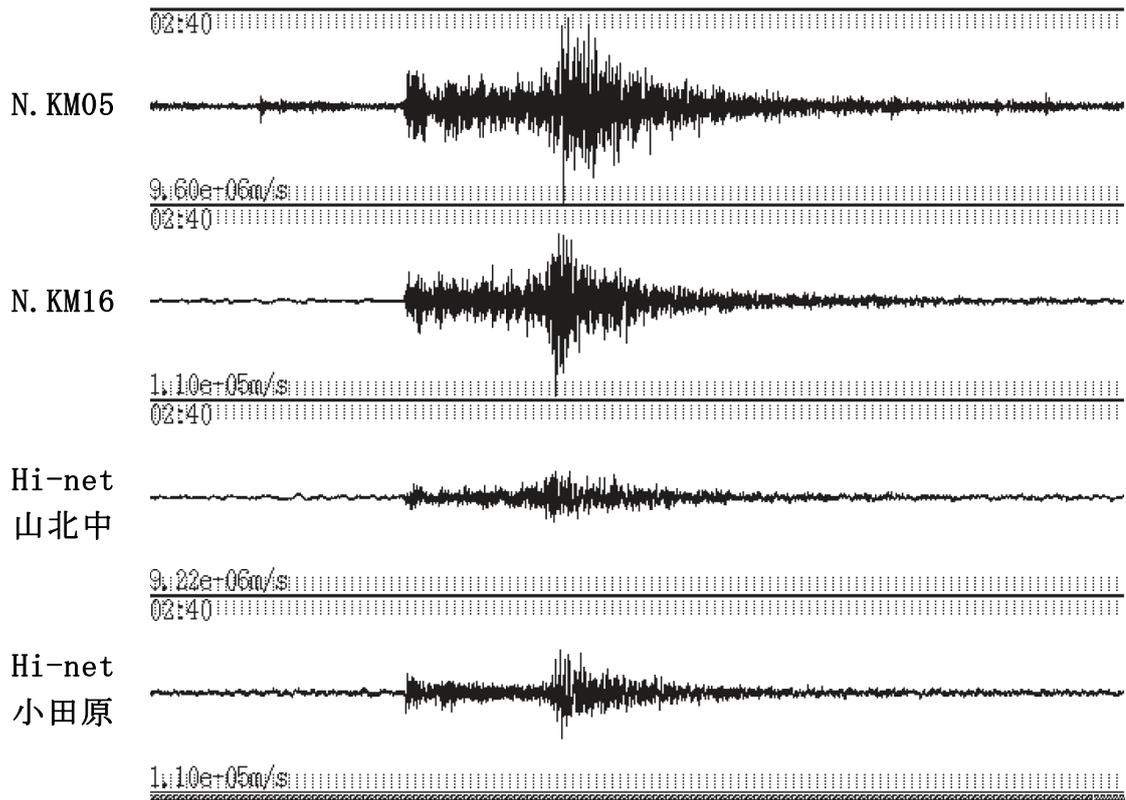


図8 機動的観測点および近傍の防災科研 Hi-net の観測点で観測された地震波形  
2009年12月21日15時02分に箱根の直下の深さ174kmで発生したマグニチュード3.4の地震の波形を示す。

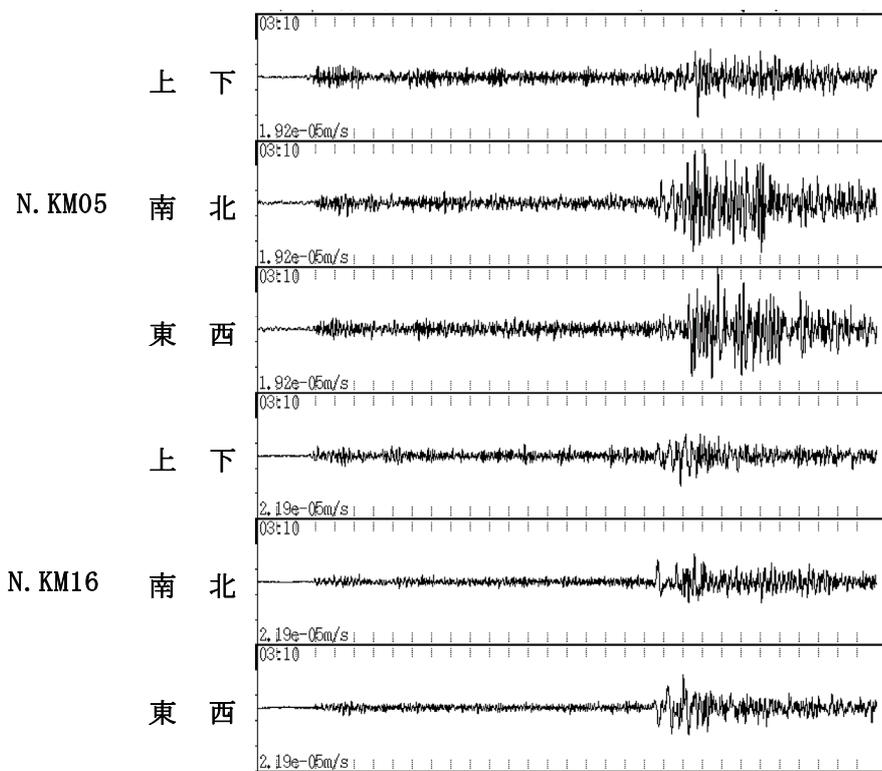


図9 機動的観測点で観測された地震波形(3成分)

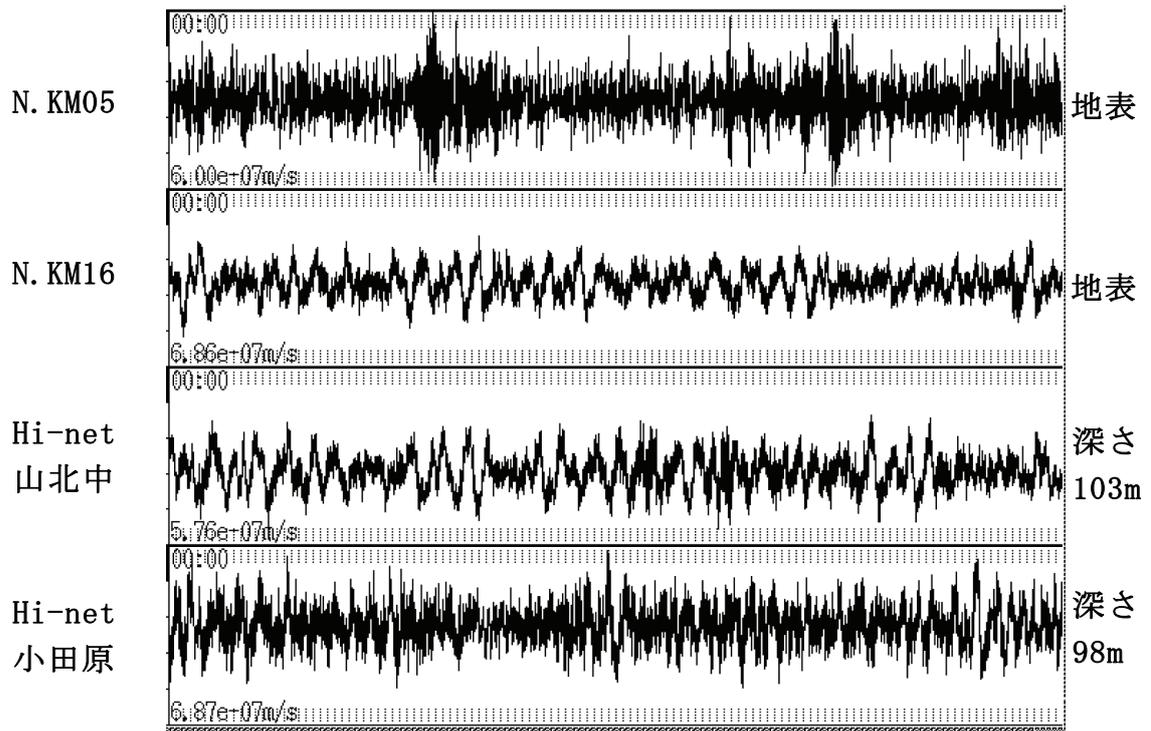


図 10 機動的観測点および近傍の防災科研 Hi-net の観測点で観測されたノイズ波形

表 2 本業務によって整備された観測点と近傍の Hi-net 観測点のノイズレベル

観測点名/観測点コード	ノイズ最大振幅 ( $\times 10^{-7} \text{m/s}$ )
N. KM05	2.90
N. KM16	1.98
小田原/N. ODWH (深さ 98m)	2.61
山北中/N. YM2H (深さ 103m)	1.85

### 3) 平成 22 年度に展開する機動的地震観測点の配置

解析領域において、東西・南北に  $0.02^\circ$  毎の小領域における深さ 40km 以浅に発生した過去 9 年間の地震の個数の分布を図 11 に示す。この結果と、既存の観測点分布などを考慮し、平成 22 年度に設置する残りの 28 点の機動的観測点の配置予定位置を図 12 のように検討した。

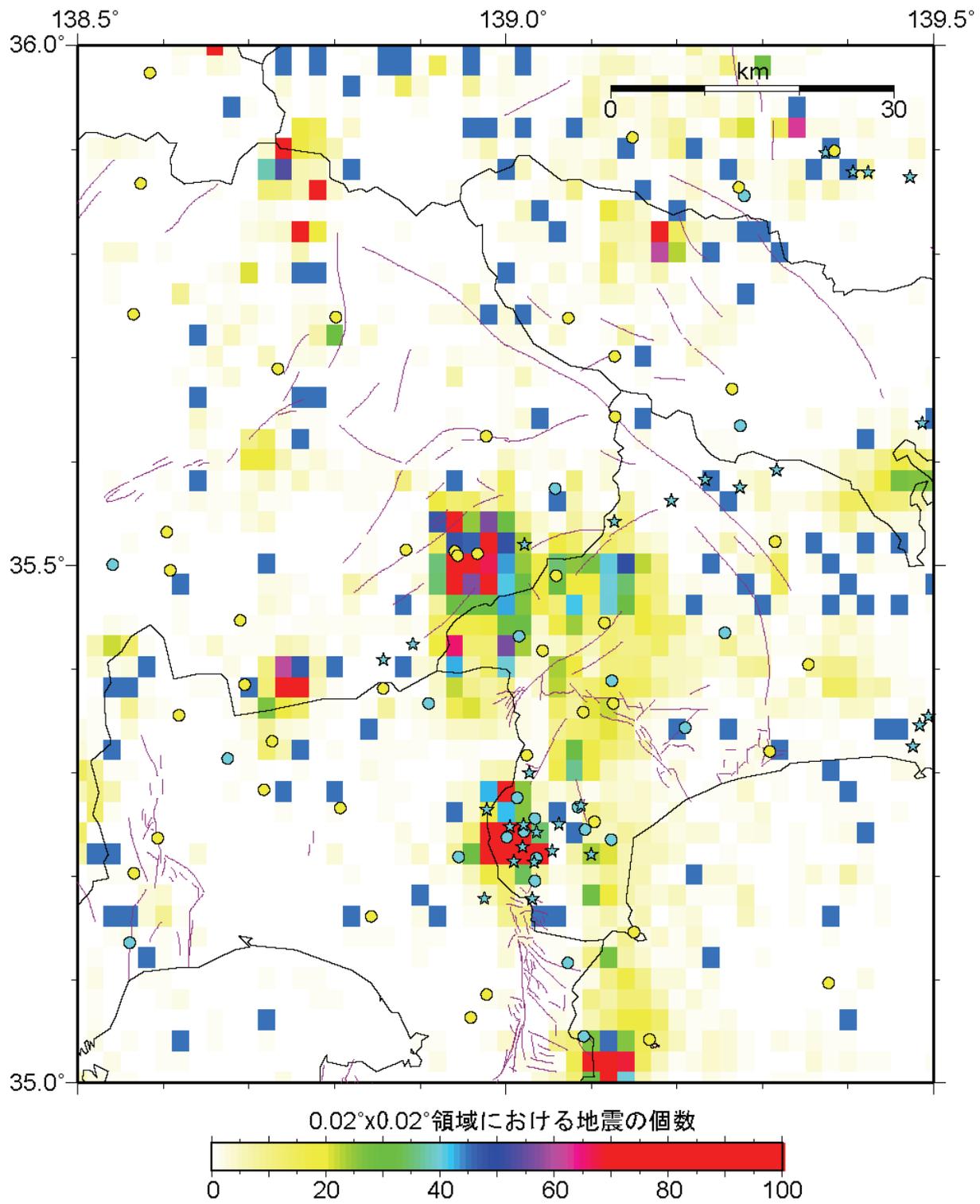


図 11 小領域における 2000 年 10 月～2009 年 3 月までの深さ 40km 以浅の地震の個数

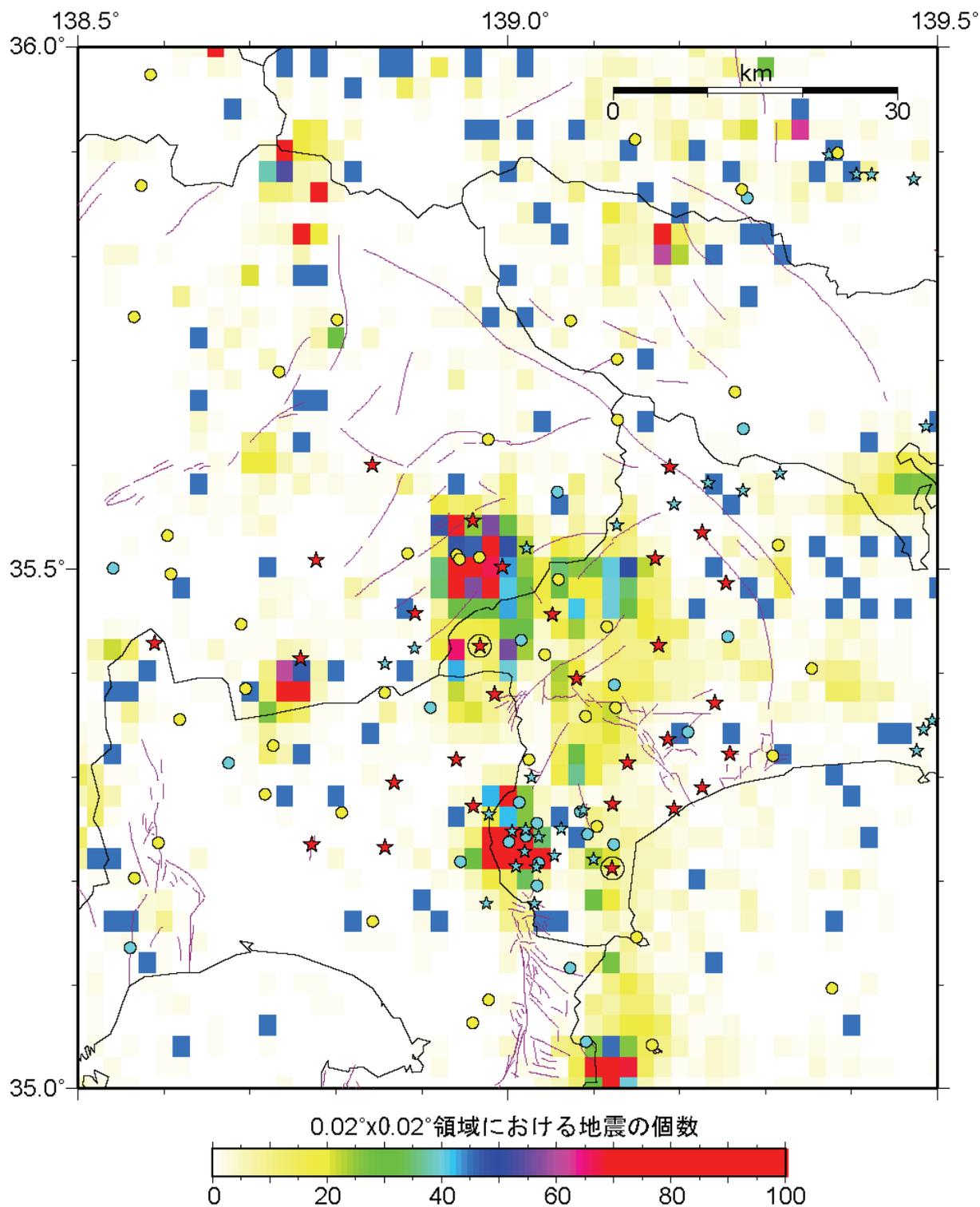


図 12 本プロジェクトによる機動的観測点の予定位置  
 本プロジェクトにより設置する機動的観測点の予定位置を赤い星で示す。丸で  
 囲んだ2つの星は、今年度設置した位置を示す。

(c) 結論ならびに今後の課題

3次元地震波速度構造を用いて神縄・国府津－松田断層帯周辺における震源と発震機構解を再決定した。地震のクラスターの分布がより明瞭になった。また、トモグラフィー解析の結果、水平方向に約20kmの分解能の構造が推定され、沈み込むフィリピン海プレートや丹沢衝突帯の特徴的な構造が推定された。

対象領域において2点の臨時観測点を設置した。ノイズ環境の評価をした結果、近傍の防災科研Hi-netの観測点と同程度のノイズレベルであった。また、深さ40km以浅の地震活動度や既存の定常観測点などを考慮し、来年度設置する観測点配置を検討した。

今後、更に詳細な速度構造を推定するためには、高密度な観測網から得られるデータによる解析が必要である。そのため、臨時観測点を設置し、それらのデータと定常点のデータを組み合わせて処理していく必要がある。

(d) 引用文献

- 1) Asano, S., T. Yoshii, S. Kubota, Y. Sasaki, H. Okada, S. Suzuki, T. Masuda, H. Murakami, N. Nishide and H. Inatani, 1982, Crustal structure of Izu Peninsula, central Japan, as derived from explosion seismic observations, 1. Mishima-Shimoda Profile, J. Phys. Earth, 30, 367-387.
- 2) 活断層研究会, 1991, 新編日本の活断層- 分布図と資料-, 東京大学出版会, 437p.
- 3) 松原誠・関根秀太郎・林広樹・小原一成・笠原敬司, 2007, Hi-net のデータを用いた三次元速度・Q 構造によるフィリピン海プレートのイメージング, 月刊地球, 号外 57, 60-70.
- 4) 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.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

なし

学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

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**

機動的な地震観測点を 28 点設置する。平成 21 年度に設置した 2 点とあわせて 30 観測点のデータ回収・バッテリー交換などの保守を行う。機動観測点により得られた連続データと、防災科学技術研究所の高感度地震観測網・神奈川県温泉地学研究所等の既存観測網データを併合処理するシステムを構築するとともに試験的な処理を行う。