

東北地方中南部における臨時地震観測*

岡田知己・中山貴史・平原聡・立岩和也（東北大・理）・
堀内茂木（ホームサイスマメータ）・
勝俣啓（北大・理）・大園真子（東大地震研，北大・理）・小菅正裕・前田拓人（弘前大・
理工）・山中佳子（名古屋大・環境）・片尾浩（京大防災研）・松島健（九州大・理）・
八木原寛（鹿児島大学）・2011年東北地方太平洋沖地震緊急観測グループ

1. はじめに

宮城県中部～山形県南部～福島県北部にかけての領域は、長町-利府線断層帯、福島盆地西縁断層帯、双葉断層帯などの断層帯が複雑に分布している。蔵王山や吾妻山などの火山も分布している。一方で、地震活動は東北地方の他地域に比べると低調であるが、地震観測網が比較的荒いことも考えると、十分な理解がなされているとは言えない。その場合、密度の高い観測を行うことで微小地震活動の把握を行い、活断層との対応関係などを検討することは極めて有用である。例えば、吉本・他（2000）は仙台市付近での臨時地震観測を行い、長町-利府断層帯の上盤内で活発な地震活動が発生していることを見出した。

これまで観測・理解が手薄だった領域の強化として、宮城県中部～山形県南部～福島県北部において臨時地震観測網を整備した。本稿では観測の序報について述べる。

2. 観測概要

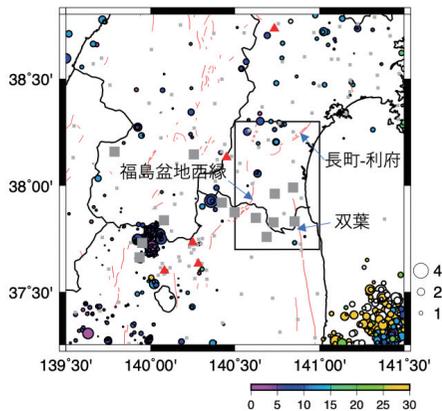


図1. 本研究で実施した観測点の分布。小さな灰色四角はそれ以外の定常・臨時観測点を示す。赤線は活断層、赤三角は活火山を示す。本稿では四角で囲った範囲内について特に検討を行った。色付きの丸は気象庁一元化震源（2020.08-2021.07）を示し、色は深さを、大きさはマグニチュードに対応する。

観測点間隔は、地震発生層の厚さ（約 10-20km）を考慮し、既設の定常観測網・臨時観測網と併せて約 10km 程度とした。

地震計は 1Hz ないし 2Hz の短周期地震計を使用している。データは携帯電話回線を利用した

*Temporal seismic observation in the central-southern part of Tohoku District by Tomomi Okada, Takashi Nakayama, Satoshi Hirahara, Kazuya Tateiwa, Shigeki Horiuchi, Kei Katsumata, Mako Ohzono, Masahiro Kosuga, Takuto Maeda, Yoshiko Yamanaka, Hiroshi Katao, Takeshi Matsushima, Hiroshi Yakiwara, and Group for the aftershock observation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake

テレメータ方式により伝送されている。

得られた連続波形データを定常地震観測網や他の臨時観測点と合わせて、自動処理により、地震の同定、震源決定を行なった。

3. 結果

観測網の設置が概ね完了し、自動処理の改良も完了した、2020年8月～2021年半ばまでの期間について、震源決定結果などの確認を行なった。図2に観測された地震の例を示す。

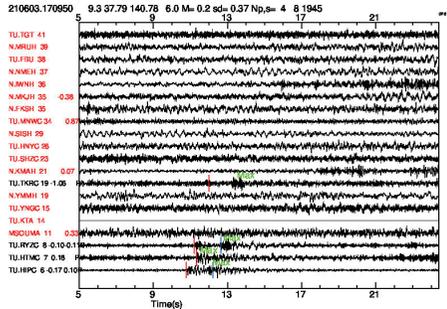


図2. 観測された地震の例。波形を下から震央距離順に示す。黒がP波・S波の読み取りがなされた波形(観測点)。TU.**Cで示される観測点が本稿による観測点である。

3.1 震源分布

本研究で実施した臨時観測および自動処理により同定されたイベントを確認し、気象庁一元化震源カタログに記載されていない地震を確認した。それらは、双葉断層付近や長町-利府線断層帯-福島盆地西縁断層帯のおよそ西側(上盤側)の他、それらの間の領域(宮城県南部、丸森町付近)にも見られる。

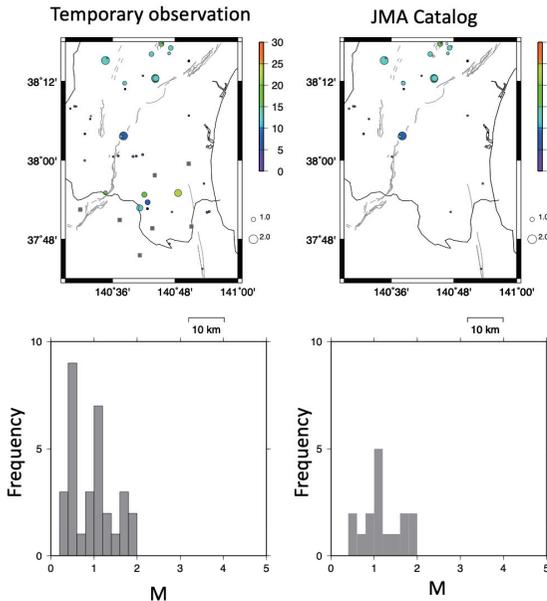


図3. 地震の震央分布(2020.08-2021.07)。左が自動処理(堀内・他、1999など)で得られた震源を目視で分類したもの。右図で示す気象庁一元化震源カタログに含まれる地震以外にも地震を確認することができた。

○：地震；色は深さ、大きさはマグニチュードを示す。

■：本研究の臨時観測点。

小■：それ以外の観測点。

下：それぞれのマグニチュード頻度分布。

3.2 メカニズム解

本研究で実施した臨時観測および自動処理により、対象領域内でメカニズム解を推定した（図4）。方法はHASH (Hardebeck and Shearer, 2002) である。横ずれ型ないし逆断層型でP軸は東-西または北西-南東方向となる。

東北地方内陸部での応力場は例えば、Yoshida et al (2015)により確認されており、一般に最大水平圧縮軸が東-西または北西-南東方向である逆断層ないし横ずれ断層型の応力場であるが概ねその傾向を支持する。一方、北上山地は最大水平圧縮軸が南北方向である逆断層ないし横ずれ断層型の応力場、阿武隈山地では正断層型の応力場が確認されているが、同じ前弧に位置する当該領域においてはそのような異なる傾向が確認されなかった。

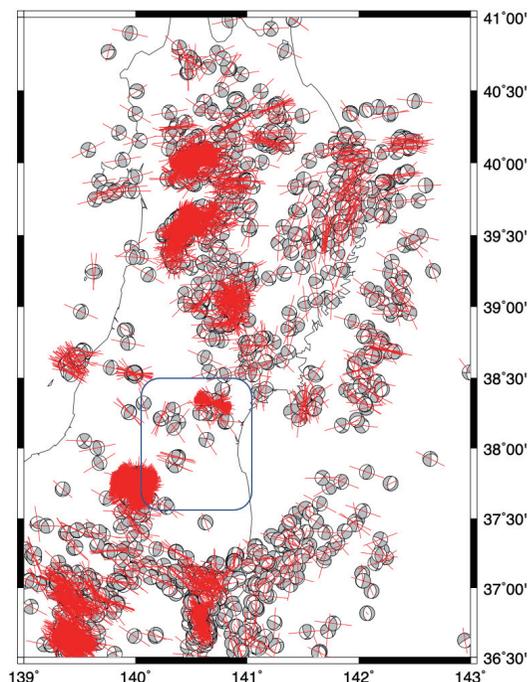


図4. 本研究及びこれまでの臨時観測を利用し決定したメカニズム解及びP軸の分布。期間は2011年東北沖地震発生以降である。深さは40kmより浅い地震である。

3.3 地震波速度構造

対象領域において、地震波速度トモグラフィ(Zhao et al., 1992)を行った（図5）。初期構造はOkada et al. (2015)である。2020年8月～2021年7月に発生した7963個の地震を使用した。本研究で実施した臨時観測のデータを用いることで対象領域の解像度が上がることが確認できた（図6）。

予備的な成果として、例えばOkada et al. (2015)により、断層帯深部や震源域付近に地震波速度低速度域が見いだされている。1）長町-利府線断層帯および福島盆地西縁断層帯に沿って、上部・下部地殻に地震波速度低速度異常が分布する、2）蔵王山や吾妻山の直下の深部低周波地震震源域付近にはマグマ供給系に対応すると考えられる地震波低速度域が存在する、ことが得られている。今回の実データでも同様の傾向を得ることができた（図7）。今後、データの蓄積に伴い、速度構造の改良を行う予定である。

4. まとめ

宮城県中部～山形県南部～福島県北部にかけての領域は、長町-利府線断層帯、福島盆地西縁断層帯、双葉断層帯などの断層帯が複雑に分布している。本研究では、当該領域における地震観測網を構築し、その有効性について確認した。地震活動度が低いため、今後観測を継続し、

データを蓄積し、この地域の地震活動とその要因、特に、地震活動度が低い原因について検討を行う予定である。

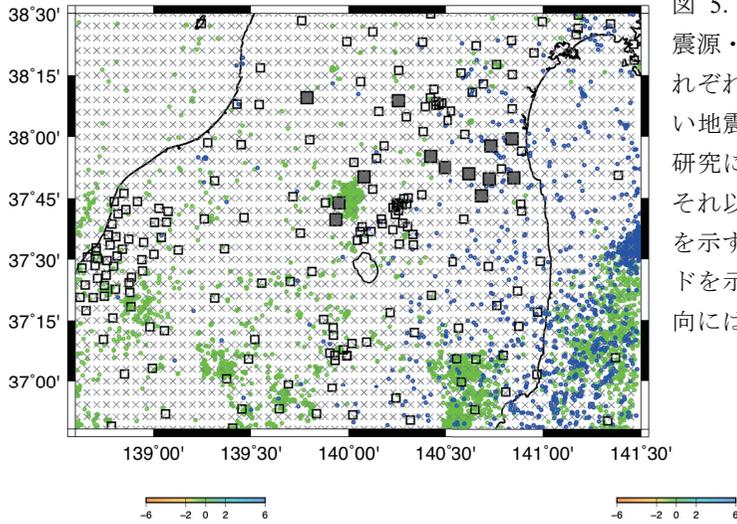


図 5. トモグラフィに用いた震源・観測点分布。緑/青はそれぞれ深さ 40km より浅い/深い地震を示す。灰色四角は本研究による観測点、白四角はそれ以外の定常・臨時観測点を示す。X は使用したグリッドを示す。グリッドは深さ方向には 6km 間隔とした。

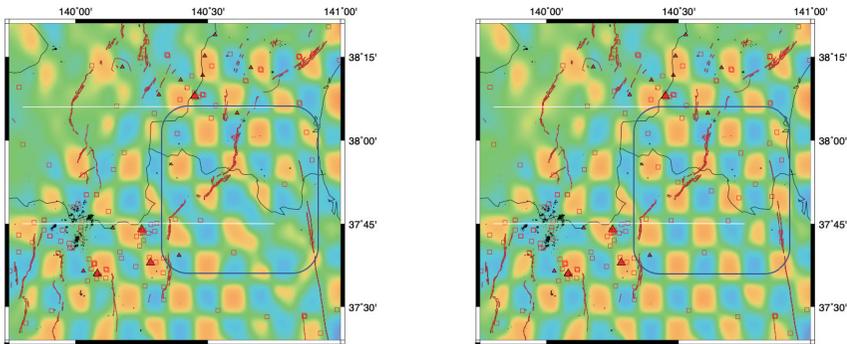


図 6. チェッカーボードテストの比較を示す。深さ 18km における P 波速度偏差の値を示す。左：臨時点なし、右：ありの場合を示す。

謝辞

本研究は災害軽減のための地震火山観測研究計画（第 2 次）の一環として実施しています。また、観測に際しご協力いただいた各個人・関係機関に感謝申し上げます。

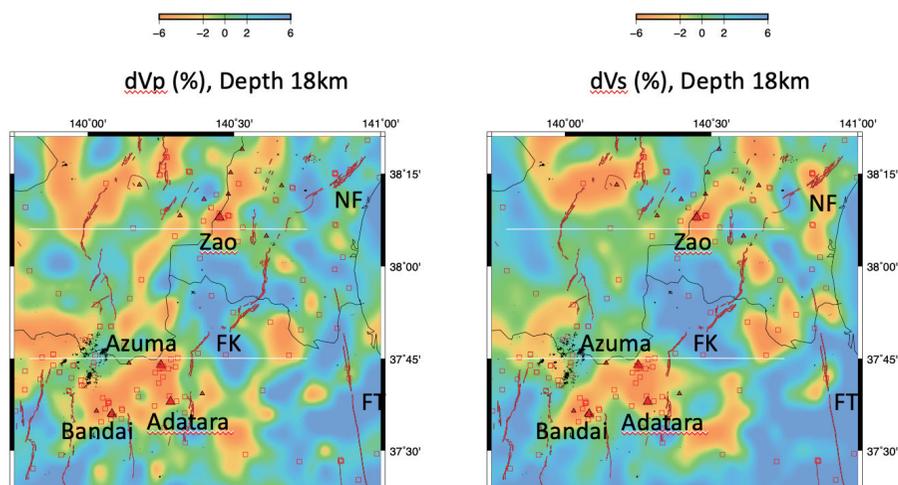


図7. 実データによる深さ18kmにおける、P波速度偏差(左)・S波速度偏差(右)。長町-利府線断層帯(NF)、福島盆地西縁断層帯(FK)、双葉断層帯(FT) NFやFKの上盤(西)側の三角で示す火山の付近に低速度域が確認できる。NF-FT-FKで囲まれた領域でも低速度域が確認できる。

文献

- Hardebeck, J.L., Shearer, P.M., 2002. A New Method for Determining First-Motion Focal Mechanisms. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 92, 2264-2276.
<https://doi.org/10.1785/0120010200>
- 堀内茂木, 松澤暢, 長谷川昭, 1992. 地震が多発した場合にも処理可能な地震波自動処理システムの開発. *地震* 第2輯 52, 241-254.
- Okada, T., Matsuzawa, T., Umino, N., Yoshida, K., Hasegawa, A., Takahashi, H., Yamada, T., Kosuga, M., Takeda, T., Kato, A., Igarashi, T., Obara, K., Sakai, S., Saiga, A., Iidaka, T., Iwasaki, T., Hirata, N., Tsumura, N., Yamanaka, Y., Terakawa, T., Nakamichi, H., Okuda, T., Horikawa, S., Katao, H., Miura, T., Kubo, A., Matsushima, T., Goto, K., Miyamachi, H., 2015. Hypocenter migration and crustal seismic velocity distribution observed for the inland earthquake swarms induced by the 2011 Tohoku-Oki earthquake in NE Japan: implications

for crustal fluid distribution and crustal permeability. *Geofluids* 15, 293-309. <https://doi.org/10.1111/gfl.12112>

Yoshida, K., Hasegawa, A., Okada, T., 2015. Spatial variation of stress orientations in NE Japan revealed by dense seismic observations. *Tectonophysics* 647-648, 63-72.
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2015.02.013>

吉本和生, 内田直希, 佐藤春夫, 大竹政和, 平田直, 小原一成, 2000. 長町一利府断層(宮城県中部)近傍の微小地震活動. *地震* 第2輯 52, 407-416.

Zhao, D., Hasegawa, A., Horiuchi, S., 1992. Tomographic imaging of P and S wave velocity structure beneath northeastern Japan. *J. Geophys. Res.* 97, 19909. <https://doi.org/10.1029/92JB00603>