

関東平野北西縁断層帯および立川断層帯周辺における微小地震の発震機構解 Focal mechanisms around the northwest margin of the Kanto Plain (Kanto-heiya-hokuseien) fault and Tachikawa fault zones

松下レイケン¹, 今西 和俊^{1*}, 桑原 保人¹
Reiken Matsushita¹, Kazutoshi Imanishi^{1*}, Yasuto Kuwahara¹

¹ 産業技術総合研究所

¹ Geological Survey of Japan, AIST

関東平野北西縁断層帯と立川断層帯ではこれまで、数多くの地球物理探査や地形・地質・活断層調査が実施されてきたが、断層帯に作用している現在の応力場の情報はほとんどわかっていない。そこで本研究では、周辺で発生している微小地震の発震機構解をもとに応力場を推定することにした。解析対象としたのは、2002年6月から2011年12月の間に両断層帯の近傍で発生した気象庁マグニチュード1以上の地殻内地震である。P波初動の押し引き分布に加えて振幅値の情報も加味することにより、最終的に400個弱のイベントについて精度の良い解を決定できた。結果をまとめると、以下ようになる。

- ・対象領域では全域に渡り逆断層型の地震が卓越しているが、横ずれ成分を持った地震も発生している。
- ・P軸方位は関東平野北西縁断層帯を境に明瞭な空間変化を示す。関東平野北西縁断層帯の北東側では東北日本の広域応力場に調和的な東西方向のP軸を示すが、南西側では北東-南西方向を示す。
- ・P軸が北東-南西方向を示す領域は、関東平野北西縁断層帯の南西方向に少なくとも50kmの幅を持って存在している。

この応力場をもとにそれぞれの断層帯の運動センスについて考察する。関東平野北西縁断層帯については、断層帯南西側のP軸方位が断層帯の走向にほぼ直向しており、逆断層として動かしやすいセンスである。これは、地形・地質学的に推定されている断層帯主部の運動センス(地震調査研究推進本部, 2005)と調和的である。一方、断層帯北東側の応力場は断層帯を逆断層として動かしにくいセンスとなっている。このように、関東平野北西縁断層帯は応力境界として働いていると言える。立川断層帯については、断層帯に作用するP軸方位は断層の走向に直交しており、逆断層としては動かしやすいが横ずれとして動かしにくいセンスに働いている。一方、立川断層帯における地形・地質学的調査からは逆断層と横ずれの両方の運動センスが見られることが示唆されている(地震調査研究推進本部, 2003)。このような、応力場と地形・地質学的な運動方向の不一致の原因を解明することや、応力場と数値計算を組み合わせた断層の活動性評価が今後の課題である。

参考文献

地震調査研究推進本部(2003), 立川断層帯の長期評価について, http://www.jishin.go.jp/main/chousa/03aug_tachikawa/index.htm.

地震調査研究推進本部(2005), 関東平野北西縁断層帯の長期評価について, http://www.jishin.go.jp/main/chousa/05mar_kanto/index.htm.

謝辞: 解析には防災科研(Hi-net), 気象庁, 東大地震研の波形データを利用させていただきました。メカニズム解の推定では、東京大学の井出哲博士のプログラムを参考にしました。記して感謝致します。

キーワード: 関東平野北西縁断層帯, 立川断層帯, 微小地震, 発震機構解, 応力場

Keywords: the Kanto Plain (Kanto-heiya-hokuseien) fault zone, Tachikawa fault zone, microearthquake, focal mechanism, stress field

台湾集集地震断層における小断層逆解析による応力と有効摩擦係数

Stress and effective frictional coefficient estimated by micro-fault inversion method in Chi-Chi seismicogenic fault, Tai

戸部 航太^{1*}, 橋本 善孝¹, 葉恩肇², SHIU CHI-SHUN²Kota Tobe^{1*}, Yoshitaka Hashimoto¹, YEH, E. C², SHIU, C.S²¹ 高知大学理学部, ² 国立台湾師範大学¹Kochi University, ²National Taiwan Normal University

はじめに: 応力と地震の関係は時空間的に変化し、お互いに影響している。Chelungu-pu 断層は陸上から掘削可能な逆断層型地震断層であり、Taiwan Chelung-pu Fault Drilling Project (TCDP) によって、詳細な構造データが得られている。また、本断層は陸上トレースが詳細に捉えられている。本研究の目的は、これらの構造データを用いて、小断層に記録されている過去の応力および有効摩擦係数を推定し、地震と応力との関係を時空間的に検討することである。

TCDP コア: 1999 年台湾中西部で起こった集集地震の断層物質の解析および物理探査を目的とし、TCDP が 2004 年に行われた。掘削地点は Chelungu-pu 断層の地表変異地点から約 2km 東で、1111m、1153m、1222m に地震断層が確認された。コアリングで得られたコアの範囲は 400m から 2000m までである。得られたコアの観察から、小断層やオープンクラック、断層岩等の変形構造が確認された。いくつかの小断層、およびオープンクラックにはカルサイト脈が入っていた。カルサイト脈を伴う小断層およびオープンクラックは、地震断層帯の下盤側で多く見られた。小断層面上のスリッケンライン、レイク、スリッケンステップからスリップデータを得た。

陸上の断層データ: TCDP コアと比較するために陸上の露頭から小断層のスリップデータを計測した。調査地点は Chelungu-pu 断層の地表変位上の大坑地震公園の南部を走る川沿いで約 450m の範囲で調査を行った。岩相は主として灰色の頁岩からなり、所々に厚い砂岩も見られた。得られた断層データはそのほとんどが約 100m の範囲に限定的に存在していた。

断層データの分類: 解析を行う断層データは 1153m の断層の上盤側を T1、下盤側を T2 として、それぞれ脈の有るもの (T1c および T2c)、無いもの (T1n および T2n)、3 つの断層帯の上下 10m の小断層 (FZ) と、コア全体の小断層 (ALL)、陸上の露頭から得られた断層データをそれぞれ応力比によって分けたもの ($s_1 \sim s_4$) の 10 個に分類した。データ数は ALL が 153 個、FZ が 10 個、T1c が 33 個、T1n が 65 個、T2c が 27 個、T2n が 31 個、 s_1 が 32 個、 s_2 が 26 個、 s_3 が 28 個、 s_4 が 28 個である。

小断層解析: 小断層解析には Hough 変換を用いた逆解法 HIM (Yamaji et al., 2006) を使用した。解析の結果得られた応力場を用いて個々の小断層面上の垂直応力と剪断応力の比の最小値を有効摩擦係数 $\mu b'$ とした。また解析を行う際、ミスフィット角度が 30 度以上のものは除いて解析を行った。

結果: 解析の結果、コアの圧縮方向は ALL、T1c、T1n では西北西 東南東方向、FZ は北北西 南南東方向、T2c、T2n は東西方向となった。以上のように 1153m の断層を境に T1 と T2 で圧縮方向に変化が見られた。陸上断層データの圧縮方向は s_2 、 s_4 では西北西 東南東方向、 s_1 は北北西 南南東方向、 s_3 は南北方向となった。陸上の断層データは応力比の違いによって圧縮方向が異なっていた。

また、応力比 σ_1/σ_3 はコアでは全体的に同じような傾向を示し、 $\sigma_1/\sigma_3 = 0.008 \sim 0.274$ となり、軸性圧縮であった。陸上の露頭では $\sigma_1/\sigma_3 = 0.0194 \sim 0.6448$ となり、軸性圧縮から中間圧縮を示した。コアの有効摩擦係数 $\mu b'$ はコア全体で 0.08 ~ 0.70、断層帯で 0.51、T1c で 0.74、T1n で 0.18 ~ 0.65、T2c で 1.14、T2n で 0.51 ~ 1.44 となった。陸上では s_1 で 0.04、 s_2 で 0.08、 s_3 で 0.13、 s_4 で 0.09 となった。T1 よりも T2 で高い $\mu b'$ の値をとった。また、カルサイト脈があるものは高い $\mu b'$ の値をとり、脈がないものは場合によっては低い $\mu b'$ の値を示した。断層帯の $\mu b'$ は他の高い $\mu b'$ に比べ低い値を示した。陸上の有効摩擦係数はコアよりも全体的に低い値を示した。

考察: 断層データの解析で得られた T1 の圧縮方向は Lin et al (2010) で報告されている圧縮方向と概ね一致したが、T2 の圧縮方向はやや異なる方向を示した。陸上の露頭から得られた s_2 、 s_4 は T1 の圧縮方向とほぼ同じ方向を示し、最も応力比の低い s_1 の応力方向は FZ の応力方向とほぼ一致した。また、Lin et al (2010) では断層帯近傍で 90 度圧縮方向が変化していることが示されているが、 s_3 の応力方向では約 60 度ずれた応力方向が見られた。有効摩擦係数 $\mu b'$ が脈帯で高い値を示したのは脈が存在している場所で流体圧が低いことを示している。脈のない小断層は相対的に流体圧が高く有効摩擦係数を小さくしていると考えられる。また断層帯の応力比は他の応力比に比べて 1 桁小さい値をとっており、これは地震時により強い軸性圧縮を受けたことを示している可能性がある。

引用文献:

Lin, W, Yeh, E. C., Hung, J. H., Haimson, B. and Hirono, T., 2010, Tectonophysics, V. 482, 82-91.

Yamaji, A., Otsubo, M. and Sato, K., 2006, Journal of Structural Geology, 28, 980-990.

北海道で発生する千島前弧スリバーの運動に伴う小地震の断層面解の分布 Distribution of fault plane solutions of smaller events associated with transcurrent movement of Kuril fore-arc sliver

平塚 晋也^{1*}, 菅原 宗², 佐藤 魂夫¹, 今西 和俊³
Shinya Hiratsuka^{1*}, Sou Sugawara², Tamao Sato¹, Kazutoshi Imanishi³

¹ 弘前大学理工学研究科, ² 株式会社 地球科学総合研究所, ³ 独立行政法人 産業技術総合研究所
¹Sci. and Tech., Hirosaki Univ., ²JGI, Inc., ³AIST

Using the method developed by Imanishi et al. (2006), Sugawara et al. (2010, 2011) determined fault plane solutions of smaller events to find the evidence of transcurrent movement of fore-arc sliver along the southern Kuril trench. They used P- and SH-waves amplitudes as well as P-wave polarity data and determined fault plane solutions of smaller events with magnitude range from 2.0 to 3.5 and the numbers of P-wave polarity data are 10 or greater. Especially, they focused on the fault plane solutions of events along the estimated boundary of the fore-arc sliver in Hokkaido. Hiratsuka et al. (2012) investigated the spatial distribution of P-axes and T-axes of those fault plane solutions determined by Sugawara et al. (2010, 2011) in more detail. As results, WNW-ESE trending P-axes are distributed along the volcanic front, which is consistent with transcurrent movement of Kuril fore-arc sliver. Under the Hidaka Mountains, ESE-WNW trending P-axes are distributed along the upper interface of subducted Pacific plate. P-axes sub-parallel to the Kuril trench is distributed in the western side of Hidaka Mountains, which is consistent with ongoing process of collision between Kuril fore-arc sliver and Northeastern Japan arc. Strictly speaking, azimuth of P-axes near the hypocenters of 1970 Hidaka earthquake (M6.3) and 1982 Urakawa-oki earthquake (M7.1) are oriented SW-NE direction, while in the surrounding region they are oriented WSW-ENE direction. These results may imply that at least three different stresses act on the vicinity of the Hidaka Mountains.

In order to estimate stress field in the vicinity of Hidaka Mountains, we applied the multiple inverse method (Yamaji, 2000; Otsubo et al., 2008) to the fault plane solutions of smaller events determined by Sugawara et al. (2010, 2011). On the basis of azimuthal distribution of P-axes, we assumed the existence of three different stresses and estimate the direction of their principle stress axes and stress ratio $((\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3))$. We discussed the origin of those stresses based on the calculation of stress field for a homogeneous half-space using the formulae developed by Okada (1992) and comparison with 3D seismic velocity structure inferred by Nakamura et al. (2008).

References

- Hiratsuka et al., 2012, SSJ, A22-02.
- Imanishi et al., 2006, Annual Report on Active Fault and Paleoequake Researches, No 6, 55-70.
- Nakamura et al., 2008, Phys. Earth Planet. Int., 168, 49-70.
- Okada, 1992, BSSA, 82(2), 1018-1040.
- Otsubo et al., 2008, Tectonophysics, 457, 150-160.
- Sugawara et al., 2010, JpGU, SCG087-P05.
- Sugawara et al., 2011, JpGU, SCG063-P11.
- Yamaji, 2000, Journal of Structural Geology, 22, 441-452.