1982 年浦河沖地震断層モデルと その地学的意義

国土地理院地殻調査部 多 田 堯

(昭和 61 年 11 月 6 日受理)

Fault Model of the 1982 Urakawa-oki Earthquake and its Tectonic Significance

Takashi TADA

Geographical Survey Institute

(Received November 6, 1986)

The co-seismic crustal uplift more than 15 centimeters associated with the 1982 Urakawa-oki earthquake, which occurred in the Hidaka region, Hokkaido, Japan, were observed by the leveling survey. Fault parameters of the 1982 Urakawa-oki earthquake were estimated from the crustal uplift data referring to the earthquake mechanism and the hypocenter distributions. Estimated fault parameters are as follows: type, reverse; length, 18 km; width, 23 km; dip angle, 30°; depth of upper margin, 18.5 km; dip direction, NE; slip direction, WSW; dislocation, 160 cm.

The fault parameters mean that the Hidaka mountains have thrust up to the WSW direction. This fault motion is identical with the idea that the Kuril outer arc have drifted to the west and collided against the Central Hokkaido at the southwestern margin of itself.

Pre-seismic uplift detected by the leveling survey and the tide observation suggests that the precursor began at about three years before the earthquake. This gives a useful key of the prediction of earthquakes which will occur in and around the Hidaka region in future.

§1. はじめに

1982 年浦河沖地震 ($M=7.1$) は日高地方で発生した最大の地震であるが故に、同地方のテクトニクスを代表している地震であると考えられる。従つて、1982 年浦河沖地震の断層モデルを明らかにすることは日高地方のテクトニクスを解明することであり、同時に地震発生の背景を明らかにすることにもなる。

ここでは地震前、地震後に行われた水準測量によつて明らかになつた地殻上下変動から 1982 年浦河沖地震の断層モデルを求め、その地学的意義について考察する。

§2. 地震概要

北海道日高地方は地震の多発地帯であるが、1982 年 3 月 21 日に発生した地震 ($M=7.1$) はその中の最大の地震であり、後に 1982 年 (昭和 57 年) 浦河沖地震と名付けられた。気象

昭和 60 年 11 月 12 日発表

庁による震源の位置は東経=142 度 36 分, 北緯=42 度 04 分, 深さ=40 km [気象庁 (1982)] で, 北海道大学による震源の位置は東経=142.578 度, 北緯=42.172 度, 深さ=25.8 km [森谷・他 (1983)] である.

Fig. 1 に気象庁による震央位置と震度分布を示す. 震央に近い浦河町では震度 VI を観測した. この地震の発生した場所は千島海溝と日本海溝との交点から北西に延びる日高トラフの北東側で, かつ日高山脈の南西側という極めて複雑な地学的背景の場所である.

北海道大学の観測網によるこの地震の余震域 [北海道大学 (1982)] は, 千島海溝から沈み込む太平洋プレート (深発地震帯) の上に位置しており, この地震が北米プレートの先端部で発生したことを示している.

Fig. 1 にはこの地震の発震機構 (等積投影, 下半球) が示されているが, この地震は逆断層型の地震で, 圧縮軸の方向は北東-南西方向で, 千島海溝の走行方向にほぼ平行である. この圧縮軸の方向は太平洋側で発生する地震としては特異な方向で, 地震発生の背景が千島海溝

Fig. 1. Location of epicenter, seismic intensity distribution and source mechanism solution (equal area projection of the lower hemisphere) of the 1982 Urakawa-oki earthquake.

から西北西方向にサブダクションしている太平洋プレートの圧縮力だけでは単純に説明できないことを示している。

§ 3. 地殻上下変動

3.1. 地震に伴った上下変動

地震直後の 1982 年 4 月に国土地理院は地震による上下変動を検出するため日高地方で水準測量を実施した。水準測量は Fig. 2 に示されるように門別町 (J-26) からえりも町 (SF245) の間の水準路線約 120 km の間で実施された。前回の測量は偶然ではあるが大部分が前年の 1981 年 5 月～7 月に行われているので、地震直後の測量で得られる上下変動はほとんどが地震に伴った地殻上下変動であると考えられる。

Fig. 2 [国土地理院 (1982b) を修正, 加筆] は水準測量から得られた 1982 年浦河沖地震に伴った (Co-seismic) 上下変動である。えりも町の SF245 を仮不動点としてある。図にみら

Fig. 2. Vertical crustal movement in the Hidaka region, Hokkaido associated with the 1982 Urakawa-oki earthquake (open circle) by means of levelling survey (Geographical Survey Institute, 1982, with modification and adding by the author), Pre-seismic (closed circle, precursor) and postseismic (closed square, after-effect) vertical crustal movements which are obtained by subtracting of the linear trends in the vertical movements shown in Fig. 4. Upper inserted figure shows the location map of the leveling route. T.S.: Urakawa tide station. Lower inserted figure shows a schematic fault motion related with the 1982 Urakawa-oki earthquake. CO: Co-seismic fault motion. PRE: pre-seismic fault motion. POST: post-seismic fault motion. Arrows: direction of displacement of upper fault plane.

Fig. 3. Differences in hourly (upper) and daily (lower) mean sea levels between the Urakawa and the Muroran tide stations before and after the earthquake. The daily mean shows the crustal uplift of one or two centimeters at the Urakawa tide station.

れるように新冠町 (BM7960) と浦河町 (BM7990) の間の地殻が隆起し、静内町～三石町付近では最大 16 cm の地殻隆起が生じた。

震央近くに浦河験潮所 (海上保安庁) がある。Fig. 3 は浦河験潮所と室蘭験潮所間の地震直前、直後の時間平均上段及び日平均下段潮位差である。日平均潮位差には地震を挟んで潮位差の不連続がみられ、浦河験潮所が室蘭験潮所に対しておよそ 2 cm 隆起したことが読み取れる。一方、Fig. 2 の水準測量結果によると浦河験潮所に最も近い水準点 BM7989 の隆起量はおおよそ 2 cm である。水準測量及び験潮による浦河験潮所付近の隆起量は互いに良く一致している。このことは Fig. 2 において SF245 を仮不動点としたことが妥当であること、すなわち Fig. 2 の上下変動量は地震に伴った変動量であるとみなせることを示している。

3.2. 地震前の上下変動

日高地方の水準測量は地震前には 1908 年、1952 年、1969 年～1970 年及び 1980 年～1981 年の 4 回行われている。Fig. 4(A) は第 3 回目と第 4 回目の水準測量から得られた地震前およそ 10 年間の日高地方における上下変動である [国土地理院 (1981, 1982a) を修正、加筆]。

この期間内には地殻変動を伴った大きな地震の発生はなく、この上下変動は日高地方の定常的な上下変動を表しているとみなせる。日高地方の上下変動には図中の実線で示されるような南東方向 (襟裳岬方向) に一方的に隆起する一般的傾向がみられる。

しかし、BM7965 (静内町) から BM7975 (浦河町) にかけての地域は、Fig. 4(A) に陰を

Fig. 4. Pre-seismic (A) and post-seismic (B) vertical crustal movements along the leveling route from J.26 to SF245 in the Hidaka region. Shaded parts show the anomalous crustal uplifts deviate from the general trends indicated by the solid lines in (A) and (B).

付けて示したように、一般的傾向からはずれて、「異常」に隆起しているように見える。

この「異常隆起」が地震に関係あるのかどうかをみるために、実線で示される一般的傾向を差し引き、地震時の上下変動に重ね合わせて示したのが Fig. 2 の黒丸で示される地震前 (Pre-seismic) の上下変動である。地震前の「異常隆起」の範囲は地震時の隆起の範囲と大部分重なり合い、この「異常隆起」が地震と関係あることを示唆している。

地震前の隆起域の中心は詳しく見ると地震時の隆起域の中心より若干南東側にずれており、BM7980 (三石町) から BM7985 (浦河町) 付近で最大 4 cm ほどの隆起がみられる。浦河験潮所に最も近い BM7989 の隆起量は約 3 cm である。浦河、室蘭験潮所間の月平均潮位差を Fig. 5 に示すが、浦河が室蘭に対して 1979 年頃から地震前までに 3~4 cm 隆起しているように見える。この隆起量は水準測量による異常隆起量とほぼ一致している。

このようなことから Fig. 4(A) 及び Fig. 2 に示される「異常隆起」は見掛けの隆起、あるいは測量誤差ではなく、地震に先行した異常隆起、すなわち地震前兆隆起であると考えるのが妥当であろう。潮位データからはこの前兆隆起は地震の 3 年ぐらい前から始まったと推定される。

3.3. 地震後の上下変動

地震後には 1982 年 4 月~5 月と 1983 年 5 月~6 月の 2 回水準測量が行われている。Fig. 4(B) に地震後の水準測量による上下変動を示す [国土地理院 (1984) を修正, 加筆]。Fig. 4(A) と同様に南東方向 (襟裳岬側) に一方的に隆起しているが、BM7985 (三石町) から BM7975 (浦河町) にかけての地域は Fig. 4(B) に陰を付けて示したように、一般的傾向からはずれて、「異常」に隆起しているように見える。この一般的傾向を除去し、異常部分を取

Fig. 5. Difference in monthly mean sea levels between the Urakawa and the Muroran tide stations. The graph shows the crustal uplift at the Urakawa tide station started in 1979 and the amount of the uplift before the earthquake occurrence was about five centimeters.

り出して、地震に伴った上下変動に重ね合わせたのが Fig. 2 の四角で示される地震後 (Post-seismic) の上下変動である。地震前の上下変動と同様、地震時の最大隆起から若干南東側にずれた BM7975 から BM7995 にかけての地域に 2 cm 程度の隆起がみられる。隆起が地震時の隆起域と重なり合うことから、この隆起は余効変動と考えられる。

§ 4. 断層モデル

上述した地震前、地震時、地震後の上下変動を説明する 1982 年浦河沖地震の断層モデルを求める。

Fig. 1, Fig. 7 の挿入図の発震機構に示されるように 1982 年浦河沖地震は逆断層型地震である。何れの節面を断層面に採るにしても走行は北西—南東方向で、圧縮軸 (P 軸) の方向は北東—南西方向である。2 枚の節面のうち北東方向へ、すなわち海側から陸側 (日高山脈側) へ傾き下がる節面 (傾斜角 $\theta=35^\circ$, 走行 $\phi=123^\circ$, 傾斜方向 $\delta=45^\circ$) を次に述べる理由により断層面とする。

4.1. 震源分布

Fig. 6, Fig. 7 は北海道大学の地震観測網で決定された前震、主震、余震の震央分布と Fig. 6 の X—Y に沿う断層での震源の垂直分布 [森谷・他 (1983)] である。Fig. 7 の垂直分布図にみられるように震源分布は複雑である。余震面は前震、主震を含む北東方向に傾く面 (A—A' に沿う面) と最大余震を含む面とに分かれている。両者はほぼ直交しており、共役関係にあると考えられる。このような例は 1978 年伊豆大島近海地震, 1984 年長野県西部地震

Fig. 6. Distribution of hypocenters of the pre-, the main-, and the after-shocks of the 1982 Urakawa-oki earthquake determined by MORIYA *et al.* (1983), cross, pre-shock; star, main-shock; closed circle, after-shock. Rectangular shows the estimated fault plane projected on the ground surface (broken line: upper margin).

にもみられ、最大余震を含む地震群は主破壊に誘発された地震群と考えられ、必ずしも主破壊面を示すとは限らない。主破壊に先行する前震と、主震を含む余震域を主破壊面と考えるのが妥当と思われる。

4.2. 前兆、余効変動

前兆変動及び余震変動は主断層面の下部延長部の非地震性断層運動によるものと考えられている [たとえば, FUJII (1978), MORTENSEN and JOHNSTON (1976)]. ここではこの考えに基づいて前兆及び余効変動を解釈する。

前章で示したように地震前及び地震後の上下変動は地震時の上下変動と密接な関係にあり、何れの場合も隆起の中心が地震時の隆起の中心域より南東側にずれている。もし南西方向（海側）へ傾き下がる面を断層面と仮定すると、その下部延長部が非地震性断層運動をした場合、理論計算では隆起の中心域が地震時の隆起の中心域より北西側にずれて、観測事実に合わなくなる。また、この場合断層変位量が地震時の変位量と同程度、ないしはやや大きくなってしまう。

Fig. 7. Vertical distribution of epicenters of the pre-, the main, and the after-shocks of the 1982 Urakawa-oki earthquake projected on the the line X—Y in Fig. 6 [MORIYA *et al.* (1983)]. Inserted mechanism diagram is the same as in Fig. 1 and other symbols are the the same as in Fig. 6. Broken line shows the projection of the estimated fault plane.

い不合理である。南東方向（日高側）へ傾き下がる面を断層面と仮定した場合は隆起の中心域は地震時の隆起の中心域より南東側にずれ、かつ断層変位量も妥当な値になる。

4.3. 津波

観測された津波の初動は全て押し波で始まっており [羽鳥 (1982)], 海底が隆起したことを示している。南西方向（海側）へ傾き下がる面を断層面と仮定すると、理論計算では海側に沈降域が現れて観測事実と合わなくなる。北東方向（日高側）へ傾き下がる面の場合は海側が隆起する。

以上の理由により、1983 年浦河沖地震の断層面は北東方向（海側から日高山脈側）へ傾き下がる面であるとする。

4.4. 断層モデル

次に余震分布、発震機構を参照して、Fig. 2 に示される地震に伴った上下変動を最も良く説明する断層パラメータを求める。理論地殻変動の計算は MANSHINHA and SMYLLIE (1971) によった。

最適の断層パラメータは次の通りである。

断層の型：逆断層

断層の長さ：18 km

断層の幅：23 km (上端の深さ：18.5 km)

Fig. 8. Theoretical vertical crustal movement (contour line) which was calculated from the estimated fault parameters (see the text) and observed one. Rectangular: fault plane projected on the surface (broken line: upper margin). Arrow: direction of the slip vector of the upper side of the fault planes. Star: hypocenter of the main shock determined by the observation of the Hokkaido Univ.

走 行: $N40^{\circ}W$ (北西—南東方向)
 傾 斜 方 向: $N50^{\circ}E$ (北東方向)
 傾 斜 角: 30°
 変 位 量: 1.6 m (横ずれ: 縦ずれ=1:2.5)
 スリップ方向: $N110^{\circ}W$ (西南西方向)

これらの断層パラメータから計算される上下変動と観測値とを Fig. 8 に示す。図中のコンターラインが計算値である。四角型は断層面の地表面への投影 (破線が上端), 矢印は断層上盤側のスリップ方向 (挿入図も同じ), 星印は北海道大学による主震の震央位置である。Fig. 6, Fig. 7 の震源分布図に挿入されている矩形及び破線はこの断層面の投影である。

次に前兆変動を説明する断層変位量を同様に求めてみた。上で求めた地震断層面の下部延長部が、幅 20 km にわたって約 70 cm ほどゆつくりと非地震性変位をした、と仮定した場合観測値を最も良く説明する。その結果を Fig. 9 に示す。コンターラインが計算値で、実線で示される四角型が前兆変動をした断層面である。Fig. 8 の地震時の上下変動に比べて隆起の中心域が東にずれていることがわかる。

地震後の余効変動を最も良く説明する断層変位量は約 30 cm である。

Fig. 9. Theoretical pre-seismic vertical crustal movement (contour line) calculated from the aseismic slow slip motion of the assumed deeper extension part of the co-seismic fault and observed one. Solid rectangular: aseismic fault plane projected on the surface. Arrow: aseismic slip direction of the upper side of the fault planes.

Fig. 10. Schematic tectonic feature in the Northeastern Hokkaido along the profile from Urakawa (X) to Nemuro (Y) estimated from the present study. The Hidaka mountains have thrust up against the Hidaka trough, in other words, the Tohoku arc has subducted under the Hidaka mountains from the Hidaka trough relatively.

§ 5. 議論および結論

1982 年浦河沖地震は顕著な地殻隆起を伴った。更に地震前兆隆起、余効変動も観測された。これらの地殻変動及び発震機構、前震、主震、余震分布からこの地震の断層モデルの推定を試みた。その結果、1982 年浦河沖地震は北東—南西方向の圧縮力によつて生じた逆断層型の地震で、断層面が北東側（日高山脈側）へ傾き下がり、日高山脈側が西南西方向（海側）へ衝上する地震であることが明らかになった。この断層モデルは日高地方の活断層の形態〔活断層研究会 (1980)〕及びテクトニクスすなわち、千島外弧南西端がずれて西進し北海道中央部（日高山脈）に衝突しているとする考え〔木村 (1981)〕とも調和している。

従つて、日高地方に発生する北東—南西ないしは東北東—西南西方向（千島海溝に平行な方向）の圧縮軸を持つ逆断層型の地震は、ずれて西進する千島外弧が北海道中央部（日高山脈）に衝突し、衝上しているために発生する地震であると結論される。

このような北海道南東部におけるテクトニクスを日高から根室にかけての断面でモデル的に表したのが Fig. 10 である。形態的には東北日本外弧が日高トラフから千島外弧の下へ沈み込む形になつており、一般的な概念でのプレートのサブダクションが起きているようにもみえる。

また地震の 3 年ぐらい前から前兆隆起が始まつていたことが明らかになった。主断層面の下部延長部が非地震性の断層運動したと解釈され、日高地方の地震予知にとつて一つの有力な手がかりがつかめたと思われる。

謝 辞

北海道大学の森谷武男博士には震源分布の資料、地殻構造について御教示頂くと共に議論していただいた。また同大学の笠原 稔、鈴木貞臣博士には断層モデルについて多くの議論、御批判をいただいた。香川大学の木村 学博士には日高地方のテクトニクス、特に千島外弧の西進運動と衝突現象について種々教えていただいた。これらの方々に厚くお礼申し上げます。

文 献

- FUJII, Y., 1978, Phase and Characteristics of Seismic Crustal Movement with Special Reference to Japanese Earthquake, Bull. Geogr. Surv. Inst., **23**, 7-82.
- 羽鳥徳太郎, 1982, 1982 年浦河沖地震による津波, 地震研究所彙報, **57**, 525-535.
- 北海道大学, 1982, 地震予知連絡会特定部会提出資料.
- 木村 学, 1981, 千島弧南西端付近のテクトニクスと造構応力場, 地質学雑誌, **87**, No. 11, 757-768.
- 気象庁, 1982, 昭和 57 年 (1982 年) 浦河沖地震, 地震予知連絡会会報, **28**, 14-18.
- 国土地理院, 1981, 北海道南部の地殻変動, 地震予知連絡会会報, **25**, 12-13.
- 国土地理院, 1982a, 北海道日高地方の上下変動, 地震予知連絡会会報, **27**, 17-18.
- 国土地理院, 1982b, 1982 年浦河沖地震に伴う上下変動, 地震予知連絡会会報, **28**, 21-28.
- 国土地理院, 1984, 北海道地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, **31**, 9-15.
- MANSHINHA, L. and D. E. SMYLLIE, 1971, The Displacement Fields of Inclined Faults, Bull. Seism. Soc. Am., **61**, 1446-1440.
- 森谷武男・宮町宏樹・加藤 進, 1983, 1982 年浦河沖地震の前震・本震及び余震の空間分布とそれらのメカニズム解, 北海道大学地球物理学研究報告, **42**, 191-213.
- MORTENSEN, C. E. and M. J. S. JOHNSTON, 1976, Anomalous Tilt Preceding the Hollister Earthquake of November 28, 1974, J. Geophys. Res., **81**, 3561-3566.