跡津川断層附近における微小地震活動 第 2 報

京都大学防災研究所上宝地殻変動観測所 和 田 博 夫

(昭和 50 年 1 月 13 日受理)

Microseismicity in the Vicinity of Atotsugawa Fault (2)

Hiroo WADA

Kamitakara Crustal Movement Observatory, Disaster Prevention
Research Institute, Kyoto University

(Received January 13, 1975)

Microearthquake activity near the Atotsugawa fault, one of first-class active geological faults in the northern Chubu region, has been routinely monitored since 1971.

The results obtained to date show 1) a clear lineation of microearthquakes along the Atotsugawa fault, with an intermittent zone of low seismicity, 2) less clear lineation but considerably high activity near a latent smaller fault along the Yamada river, 3) high activity with clustered epicenters just south of Mt. Norikura, and 4) extremely low seismicity over a region southeast of the Atotsugawa fault.

The above pattern of seismicity does not greatly vary with time except in the region along the Yamada river, compared with the preliminary results reported in the first paper.

Focal depths of these microearthquakes along the Atotsugawa fault are largely confined to depths shallower than 15~20 km, which appears to suggest the lower boundary of the fault plane.

Composite distribution of first motion of P wave from a number of earthquakes does not seem inconsistent with right-lateral movement of the fault, indicating that maximum compressional, tectonic stresses lie in a direction slightly deviating from the E-W direction.

§1. はじめに

最近、中部地方には跡津川、阿寺、根尾谷、柳ヶ瀬など第 1 級の横ずれ活断層が存在することが明らかにされ [松田 (1966), SUGIMURA and MATSUDA (1965), HUZITA *et al.* (1973)], 北西—南東走向の断層は左ずれ、北東—南西方向のものは右ずれの共役関係にあることから、これらの断層は東西方向に最大圧縮軸を持つような地殻応力によつて生じたものと考えられている。またこの地方の浅い地震活動とこれらの活動層の関係も次第に明らかにされつつある [渡辺・中村 (1967), 大井田・他 (1970), 伊神・他 (1972), 山田・他 (1972)].

跡津川断層は平均走向 N60°E の明瞭な右横ずれの活断層であり [松田 (1966)], この附近には後に述べるようにこの断層の動きによると思われる大きい地震が過去に起こっている。ま

Fig. 1. Location of observation station (cross), and topography near the Atotsugawa fault (broken line).

Fig. 2. Epicentral distribution of microearthquakes (solid circles), and the Atotsugawa fault (broken line).

たこの地域にはこの他に $N25^{\circ}E$ の走向を持つ山田川沿いの断層の存在も指摘されている [坂本・他 (1970)]. このような意味で, 跡津川断層と微小地震活動の関連性は重要な問題であり, かつ大変興味のあることである. 京都大学防災研究所附属上宝地殻変動観測所は 1971 年よりこの地域で微小地震活動の観測を開始したが, 何分にも始めてから日が浅く十分な結果は得られていない.

今回は第 1 報 (1974) と同様の方法を用いて解析した結果を以下に述べる. なお使用した資料は, 上宝観測所のものを主とし名古屋大学理学部高山地震観測所のものも借用した.

§ 2. 観 測

本稿では第 1 報に引き続き, 1972 年 10 月から 1973 年 12 月までの 15 ヶ月間の資料をもとにして, 跡津川断層附近の微小地震活動を調べた.

Fig. 1 に今回使用した観測点の位置を示す. 上宝観測所所属の観測点 (上宝, 下之本, 杉原) における観測方式等は第 1 報 (1974) を参照されたい. なお, MKG, KZO は高山地震観測所およびその衛星点九蔵であり, この方式等は山田・他 (1972) によつて報告されている.

§3. 結 果

(1) 震源分布

震源決定は第1報[和田・岸本(1974)]に述べたように、この附近の地下構造を第1近似として均質半無限弾性体と仮定し、 $V_P=5.7$ km/sec, ポアソン比 $=1/4$ として行つた。そしてP波、S波とも非常に鮮明である上宝(KTJ)のデータをもとにして、 $P\sim(S-P)$ timeの関係のグラフにより発震時を求め、3点からのP波走時により作図法をもちいて行つた。将来、この地域の地殻構造を考慮してさらに詳しく震源位置の再検討を行う予定であるが、震央に関しては今回の方法によつてもそれほど大きい誤差を生ずると思われない。

今回の震源決定には、観測網の大きさなどを考慮し、KTJにおいて $S-P$ time が6秒以下の地震についてのみに行つた。S波が不鮮明で読み取り誤差が大きいと思われる地震は、解析には含まれていない。

Fig. 2 は震央分布図である。この地域の特徴をみると大体4つのグループに分けられるように見える。つまり、跡津川断層に沿う線状の分布、乗鞍岳附近の塊状の分布、北アルプスに沿うまばらな分布、そして最後に跡津川断層北方の山田川沿いの線状の分布である。

最初の跡津川断層に沿う地震は非常にきれいな線状配列をなしているが、断層中央部一高原川流域一においてはまったく震源が決らなかつた。この事は第1報においても指摘した事であるが、本当に地震が起こらないのか否か、もう少し観測資料を増やした段階で考えたい。次に乗鞍岳附近の塊状分布であるが、特に乗鞍岳の南側において、跡津川断層と並行な線状配列とそれに直交する線状配列の集まりのような分布がみられるが、非常に特徴的である。この附近の地震活動は、跡津川断層においても同様な事が言えるが、ある期間に集中して起こっているのではなく、全期間を通して一様な起こり方をしている。この事は、Fig. 7にても明らかである。次に北アルプス附近における活動域としては、焼岳附近があげられ[藤井・中村(1973), 千葉・他(1974)等]、今回の期間中においても、1973年1月頃に少し活発な時期があつた。

Fig. 3. Focal depths of microearthquakes, (1) in a vertical plane parallel to the fault, (2) in a vertical plane perpendicular to the fault.

Fig. 4. Monthly variations of the number of microearthquakes per various S - P time intervals.

ようである【藤井・中村 (1974)】。しかし、前述のようにこの附近の地震は KTJ における S 波が非常に不鮮明で読み取り誤差が大きいと思われるので、今回の結果には含まれていない。最後に山田川に沿う分布であるが、坂本・他 (1970) によれば、この附近には $N25^{\circ}E$ の走向をもつ断層があるといわれるので、今回新しく見出されたこの線状配列はおそらくこの断層に沿う分布であると思われる。この事は、この断層の活動を調べる上で興味ある結果であるように思われる。以上に述べた4つのグループのうち、最初の3つのグループに囲まれる KTJ から MKG にかけて低活動地域があるが、この傾向は第1報に述べたものと同じであり、観測時期に関係なく常に活動度が低く、この附近の地域的特徴であろう。

Figs. 3 (1), (2) に跡津川断層の方向およびそれと直交する方向に投影した断面図を示す。全般的傾向としては、深さ 20 km 以内にほとんどの地震が分布しているが、今回の震源決定方法から考えて、観測網の外側にある地震については、多少深く決まっているようである。特に山田川沿いの断層の地震は、観測網から相当離れているので図のような分布になつているが、実際の深さはもう少し浅いと思われる。第1報および今回求めた跡津川断層附近の地震の深さ分布は、一般的にいつて、他の活断層附近での地震が、15~20 km より浅い部分に分布するのと同様な傾向を示している。このことは、活断層の断層面がこの程度の深さまでおよんでいる

Fig. 5. Composite distributions of P wave first motions projected onto the upper hemisphere of the wulff net, (1) all shocks except earthquakes near Mt. Norikura, (2) microearthquakes near the Atotsugawa fault, (3) microearthquakes along the Yamada river, (4) all shocks within the present seismograph network.

のか、あるいはまたこの程度の深さで地殻物性したがって応力状態が変つていていることを示しているのかも知れない。

Fig. 4 は KTJ における $S-P$ time 別月変化を示したものである。 $S-P$ time 2秒以下の近い地震が非常に少ないが、これは Fig. 2 から明らかなように、KTJ 周辺の低活動地域

Fig. 6. Temporal variations of the number of microearthquakes with S - P times shorter than 20 sec. recorded at KTJ.

に対応する。

2～6秒にかけては毎月多数の地震が起こっているが、これが今回震源決定した跡津川断層沿い、乗鞍岳附近および山田川沿いの断層附近のものである。 S - P time 6秒以上の地震に関しては観測網の大きさを考慮して今回は震源を決定しなかつたが、6～8秒の間の地震は、1969年岐阜県中部地震および1972年の岐阜—福井県境の地震の余震であり、1972年10月には後者の余震活動が残っていたことを示している。

(2) 発震機構

今回は観測点が5点と少ないため、個々の地震の押し引き分布によつてこの地域の応力状態を調べるのは無理なので、多くの地震の震央を重ね合せ、ウルフネット上半球に投影して全体の傾向を調べてみた。Fig. 5 (1)～(4)に、乗鞍岳附近を除いた跡津川断層附近の全ての地震、跡津川断層沿いの地震のみ、山田川沿いの断層の地震のみ、観測網内の地震についての図を示す。何れの場合をみてもかなり押しと引きが入り混つているようであるが、これは発震機構が必ず

Fig. 7. Temporal variations of seismicity. The ordinate shows the location of epicenters projected in a plane perpendicular to the Atotsugawa fault.

しも一様でないことを示すものと考えられる。大体の傾向としては、東西より少し正方向に回転したような方向に主圧力軸が存在するようである。ちなみにこの附近の地震に関して決定された主圧力軸の方向は、焼岳附近の地震に関しては大竹 (1970) により $N125^{\circ}E$ 、また 1969 年岐阜県中部地震においては $N108^{\circ}E$ と求められている [気象庁・岐阜地方気象台 (1970)]。

(2) の断層沿いのみの地震については、南東象限に引きが多く、南西象限に押しが多い。このことは跡津川断層が右横ずれといわれていることと矛盾はしないが、さらに多くの資料にもとづいて詳しく調べる必要があろう。

(3) 地震活動の時間的推移

Fig. 6 にこの期間中に KTJ で観測された $S-P$ time 20 秒以下の地震の日別個数を示す。日平均にして数個であるが、特に目立つ活動をあげれば、1973 年 3 月 10 日に $S-P$ time

Fig. 8. Location of historical earthquakes in the western Chubu region.

3.9~4.0 秒の地震が跡津川断層北東部に起つた。また6月1日には S - P time 3.1~3.5 秒の地震が 25 個起こっているが、これは乗鞍岳附近のものである。全体的にみて、多少周期的に活発な地震活動がみられるのは興味深い、この理由については明らかではない。

Fig. 7 は今回決定した地震の活動状況の時間的変化をあらわしたものである。縦軸は跡津川断層と直交する方向 (N30°W—S30°E) の断面に投影した位置を表わし、横軸は時間である。この図からわかるように、図の上部 (北北西) から下部 (南南東) にかけて地震活動の疎な部分、密な部分がはつきりしている。北北西からみて最初の密なところが山田川沿いの断層の地震で

ある。この附近においては、1973年1月から2月にかけて活発に起っている。その南南東に疎な部分があつて、次に跡津川断層附近の地震が現われる。跡津川断層附近及び山田川沿いの断層附近の地震活動は、乗鞍岳附近の活動と比べてあまり活発とは言えないが、期間を通して様な起こり方をしている。KTJ から MKG にかけての低活動地域がその南南東の疎な部分として現われ、以下乗鞍岳附近の高活動地域が最後の密な部分によつて示されている。

§4. 中部地方北部の地震活動

この地方における過去の比較的大きい地震の活動状況と、今回観測した微小地震活動を比較するために、Fig. 8

に中部地方北部より近畿地方に到る地域に起こつた地震を理科年表より取り出しプロットしてみた。なお宇佐美 (1974) により再決定された地震についてはそれをプロットした。岐阜県北部から富山県にかけては、1826年に $M = 6.2$ 、1858年は安政の飛騨地震といわれる $M = 6.9$ の地震が起こつており、この地震で跡津川断層の南西部に近い福井県の大野、勝山、丸岡などで被害有りと記録されている。一方断層北東部においても山崩れが生じたという記録がある。跡津川断層の南西方向及びその延長上には、1855年の地震、1586年の $M = 7.9$ の地震、また最近では1961年に北美濃地震 ($M = 7.0$) が起こつており、以上の地震が跡津川断層の動きに関連するものと思われる。

Fig. 9 には、1958年から1972年までの期間に気象庁で決定された中規模の地震 ($M = 4$ 程度) を plot した。跡津川断層附近においては、数個の地震がみられる程度であり、ここでは、この程度の規模の地震は2～3年に1度の割合で起こつていゝとてよいであろう。

以上に少し大きな地震について述べたが、以下第1報の結果も含めてこの附近の微小地震活動をみてみたい。まず Fig. 10 に第1報と今回の結果とを合わせた震央分布図を示す。黒丸は第1報の結果、白丸は今回の結果であるが、両者の分布には一部を除いて大差はない。すな

Fig. 9. Epicenters of intermediate-size ($M \approx 4$) earthquakes in the period 1958-1972 determined by the JMA.

Fig. 10. Composite epicentral distribution in the periods July, 1971-September, 1972, and October, 1972-December, 1973.

わちこの地域においては、3つの著しい特徴がある。第1に跡津川断層および山田川沿いの断層に沿うと思われる線状配列、次に乗鞍岳附近の高活動地域の存在、最後に低活動地域の存在である。これら全部の地震活動について2年半の時間的変化を示したのが、Fig. 11である。縦軸、横軸はFig. 7と同様である。跡津川断層および乗鞍岳附近の地震に関しては、低活動地域と高活動地域の差はあるけれども、ほぼ定常的な活動の様子が表われている。また山田川

Fig. 11. Temporal variations of seismicity through July, 1971-December, 1973. (The explanations are the same as in Fig. 7).

沿いの断層の地震も 1973 年から定常的に起こっているようである。

§5. 考 察

前回および今回の観測結果から、跡津川断層および山田川沿いの断層附近の地震活動はほぼ定常的な様子を示していることが明らかになったので、光波辺長測量、地殻歪の観測などとも併行して、今後もひき続き監視する必要がある。断層の南西端において線状配列が途絶えているかのようにみえるが、これが本当に末端なのか、それとも S - P time 6 秒以下に限って震源決定したための結果なのか不明なので、今後観測網の大きさ等を考慮して考えたい。発震機構の問題については、今後さらに多くの資料にもとずき、地殻構造の影響も考慮して詳しく調べる予定である。

最後に、今回の解析にあたり大変貴重な資料を心よく提供して下さいた名古屋大学理学部高山地震観測所の藤井 巖、中村勝両氏に厚く御礼申し上げる。この報告をまとめるに際して御指導いただいた三雲健博士に御礼申し上げる。観測、解析においていろいろと御援助頂いた北陸微小地震観測所の渡辺邦彦、平野憲雄、地震予知計測部門の安藤雅孝、中村正夫、小泉 誠、細 善信、上宝地殻変動観測所の土居 光、和田安男の方々に感謝します。

文 献

- 千葉平八郎・小林 勝・橋本信一・羽田敏夫・森川 武・大竹政和, 1974, 長野県奈川渡ダムにおける微小地震観測, 地震学会講演予稿集, No. 2, 237.
- 藤井 巖・中村 勝, 1973, 飛騨地方の微小地震活動 (2), 地震学会講演予稿集, No. 2, 123.
- 藤井 巖・中村 勝, 1974, 焼岳附近における地震活動, 災害科学総合シンポジウム講演集, 175.
- HUZITA, K., Y. KISHIMOTO and K. SHIONO, 1973, Neotectonics and Seismicity in the Kinki Area, Southwest Japan, Journal of Geosciences, Osaka City Univ., 16 Art 6, 93-124.
- 伊神 輝・安久 勉・青木治三, 1972, 阿寺断層附近の低い地震活動, 地震 2, 25, 232-242.
- 気象庁, 1958~1972, 地震月報.
- 気象庁・岐阜地方気象台, 1970, 昭和 44 年 9 月 9 日岐阜県中部地震調査報告, 駿震時報, 34, 157-176.
- 松田時彦, 1966, 跡津川断層の横ずれ変位, 震研彙報, 44, 1179-1212.
- 尾池和夫, 1970, 1968 年 11 月 8 日焼岳に発生した群発地震の発震機構について, 京大防災研年報, 13A, 133-140.
- 大井田 徹・山田功夫・多田 堯・伊藤 潔・杉山公造・佐々木嘉三, 1970, 中部地方の微小地震活動 (1) 根尾谷断層周辺の微小地震活動, 地震 2, 24, 240-247.
- 大竹政和, 1970, 上高地付近に発生した地震群について, 震研彙報, 48, 65-71.
- 坂本清次・藤井昭二・相馬恒雄・大塚寅雄・近藤善教・小川健三他, 1970, 富山県地質図.
- 震災予防調査会, 1904, 大日本地震史料, No. 46.
- SUGIMURA, A. and T. MATSUDA, 1965, Atera Fault and Its Displacement Vectorors, Bull. Geol. Soc. Amer., 76, 69-91.
- 東京天文台, 1974, 理科年表, 地 153-181.
- 宇佐美竜夫, 1974, 歴史的地震の震央位置について, 震研速報, 12, 1-29.
- 和田博夫・岸本兆方, 1974, 跡津川断層附近における微小地震活動 第 1 報, 地震 2, 27, 1-9.
- 渡辺 晃・中村正夫, 1967, 根尾谷近傍に発生する微小地震の 2, 3 の性質, 地震 2, 20, 106-115.
- 山田功夫・宮島力雄・藤井 巖・中村 勝, 1972, 飛騨地方の微小地震活動 (1), 地震 2, 25, 124-133.