

中部地方北西部の地震活動

和田 博夫・三雲 健

SEISMIC ACTIVITY IN THE NORTHWESTERN CHUBU DISTRICT

By Hiroo WADA and Takeshi MIKUMO

Synopsis

Seismic activity in the northwestern Chubu region has been investigated mainly from microearthquake observations near the Atotsugawa fault, one of first-class active geological faults in Japan, and its environment, together with epicentral distribution of major historical earthquakes and moderate-size earthquakes determined by the JMA. Six major past earthquakes in this region might be associated with fault movement of the Atotsugawa fault.

Seismicity of microearthquakes near the fault 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 2). Focal depths of these microearthquakes along the Atotsugawa fault are mainly confined to shallower than 15-20 km, which appears to suggest the lower boundary of the fault plane, or possible change of crustal properties there.

Composite distribution of first motion of *P* wave from a number of earthquakes appears to indicate that maximum compressional, tectonic stresses lie in a direction slightly deviating from the E-W direction.

1. はじめに

中部地方には根尾谷、阿寺、跡津川断層といった第1級の活断層が存在し、これらの断層について地質学的には、SUGIMURA and MATSUDA¹⁾、松田^{2),3)}等によって詳しく報告されている。このうち跡津川断層は、根尾谷、阿寺断層とは共役の関係にあり、平均走向 N60°E、長さ約60kmの明瞭な右横ずれ断層である。後に述べるように、この地方には過去に跡津川断層の動きによると思われる大きい地震が数回起っている。根尾谷断層附近の地震活動に関しては渡辺・中村⁴⁾等、阿寺断層に関しては伊神他⁵⁾等によってすでに明らかにされているが、上記のような意味で、跡津川断層附近の現在の地震活動についても詳しく調べ、今後の断層の動きを監視することは重要と考えられる。この目的で、跡津川断層の近くに位置する京都大学防災研究所附属上宝地殻変動観測所（以下上宝と略す）では、光波辺長測量などと並行して、1969年以来継続して微小地震観測を行ない、この附近の地震活動状況を研究して来た。

ここでは主として1973年12月までの結果^{6),7)}についてまとめて報告し、これとこの地方の比較的大きい地震の活動、跡津川断層との関連などについて考察する。

まず最初に中部地方から近畿地方にかけての活断層分布図⁸⁾を Fig 1 に示す。跡津川断層は長さ約60 kmの活断層である。またこの跡津川断層の北方に、N25°Eの走向をもつ山田川沿いの断層が存在していること^{9),10)}も注目される。

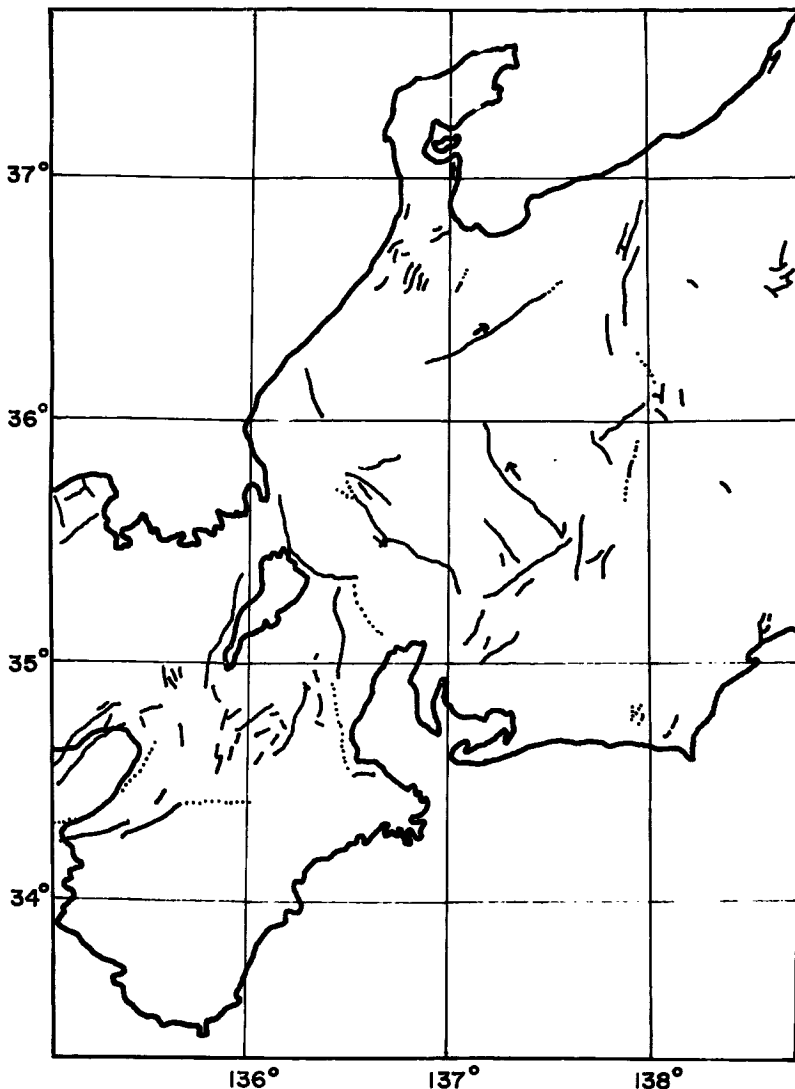


Fig. 1 Distribution of active faults in the Kinki and Chubu Districts.²²⁾

2. 過去の地震活動

(1) 大地震分布 ($M > 5$)

中部地方の過去の地震活動を明らかにするためにまず最初に大地震の震央分布を調べた。**Fig 2** は中部地方の大地震を主として理科年表によって plot したものである¹¹⁾。しかし最近宇佐美¹²⁾によりいくつかの古い地震の震央位置に関して再検討されているので、その場合は新しい震央位置を採用した。中部地方北部の地震としては、1586年 ($M=7.9$), 1826年 ($M=6.2$), 1855年 (M = 不明), 1858年 ($M=6.9$), 1903年 ($M=5.7$), それに最近起った1961年 ($M=7.0$)の北美濃地震などがあげられる。これらの地震のうちで跡津川断層の動きに関係が深いと思われる地震は、1826年に飛騨高山附近に起った地震、1855年および1961年にこの断層の南西

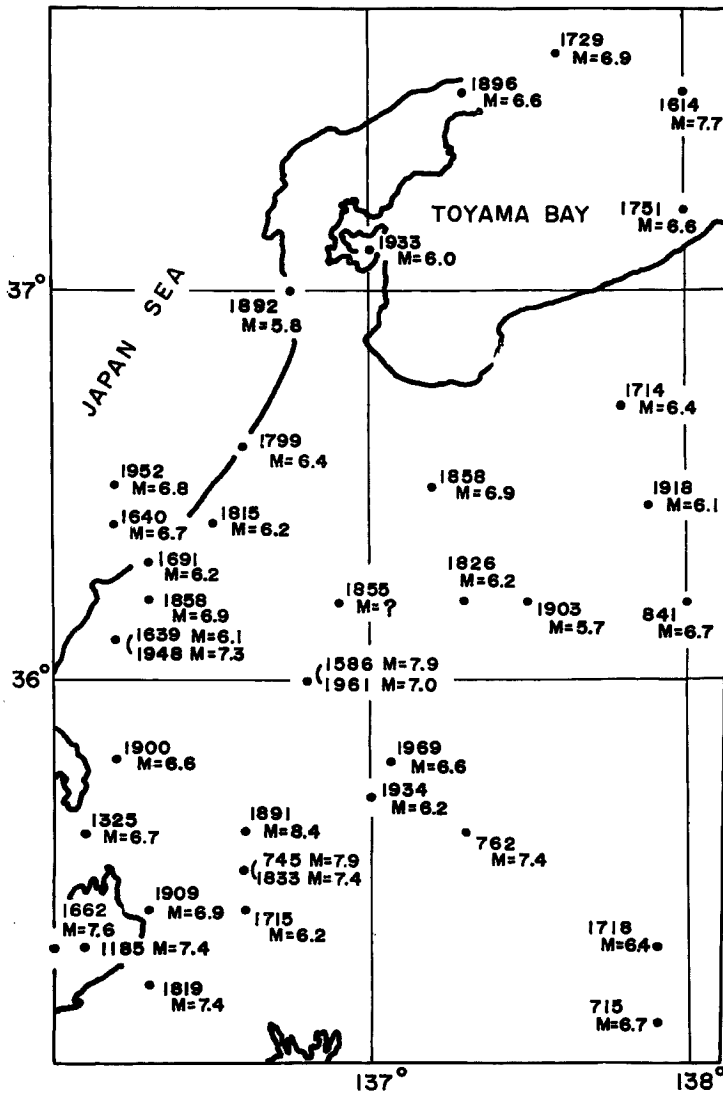


Fig. 2 Epicenters of major historical earthquakes.

端附近に起った地震，それに安政の飛騨地震あるいは飛騨角川大地震とよばれている^{9),13)}1858年の地震などがあげられる。1858年の地震では跡津川断層沿いの地域にかなりの被害があった事が明らかにされている¹⁴⁾。

(2) 中規模地震分布 ($M \approx 4$)

次にもう少し規模の小さい $M = 4$ クラスの地震について調べてみた。1958年から1973年の期間に気象庁が決定した中部地方北部の地震分布¹⁵⁾を Fig 3 に示す。なお◆印は深さ 200km 以上の深発地震である。内田¹⁶⁾、Aoki¹⁷⁾らにより、高山附近の深発地震については報告されているが、この図からも深発地震の多い事が明らかである。一方浅発地震については、跡津川断層附近には、この16年間に数個の地震しか決定されておらず、このクラスの大きさの地震は、気象庁の観測からは、ほとんど起っていないと言ってよいようである。跡津川

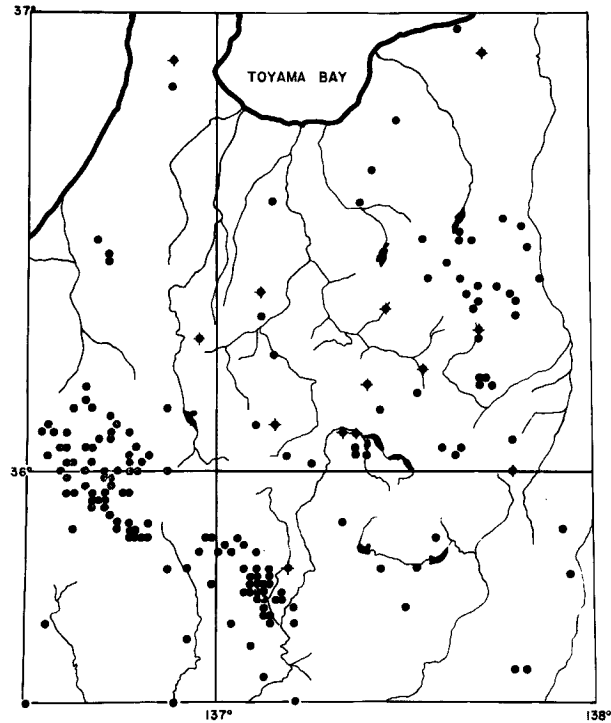


Fig. 3 Epicentral distribution of intermediate-size earthquakes in 1958-1973, which have been determined by the JMA.

断層よりさらに南の地域においては、跡津川断層附近とは対照的に、非常に活発な活動域がみられる。すなわち1961年の $M=7.0$ の北美濃地震、1969年の $M=6.6$ の岐阜県中部地震それに1972年 $M=6.0$ の岐阜・福井県境の地震の余震域である。また北アルプスに沿っても多少の塊状の分布がみられるようである。この中には焼岳の活動に関連する地震も含まれる。

3. 微小地震活動

上宝における微小地震観測は1969年2月より始まった。最初は上宝の蔵柱観測坑1点での短周期上下動地震計の1成分のみによる観測であったので、詳しい地震活動を調べるまでには到らなかった。1971年7月より、衛星観測点下ノ本および杉原を設置して、跡津川断層を中心とした地域の地震活動を監視してきた。観測方式は、京都大学防災研究所附属鳥取・北陸両微小地震観測所の方式と同様であり、その block diagram を Fig. 4

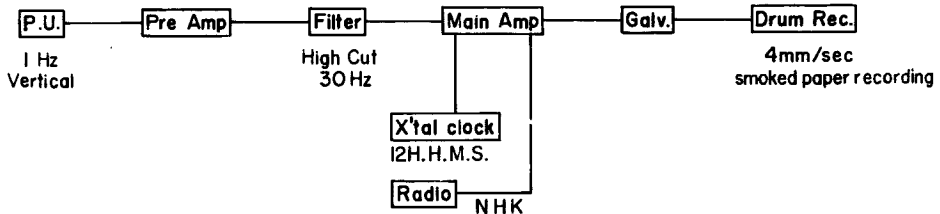


Fig. 4 Block diagram of the recording system.

に示す。記録方式はスス書きドラム方式で、送り速度は4 mm/sec (下ノ本, 杉原は1972年7月より2 mm/sec) である。この観測方式による総合感度は、上宝では200 μ kine/cm, 下ノ本, 杉原では300 μ kine/cmである。なお名古屋大学理学部高山地震観測所より、衛星観測点など2ヶ所の観測資料を借用して解析に加えた。高山地震観測所の方式などは山田他¹⁸⁾によって報告されている。

(1) 震源分布

震源決定にあたっては、今回は第1近似として、地下構造を均質半無限弾性体、 $V_P=5.7$ km/sec, ポアソン比 $=\frac{1}{4}$ と仮定し、上宝のデータより $P\sim(S-P)$ time の関係のグラフにより発震時を求め、3観測点での P 波走時により、作図法をもちいて行なった。なお $V_P=5.7$ km/sec とした根拠は、5観測点のデータにより、それぞれの3点の組合せから求めた震央のばらつきが最小になる値であったからである。将来は、この地方の地殻構造を考慮して、全観測点のデータから震源決定を行なう予定であるが、震央位置はこの方法によっても

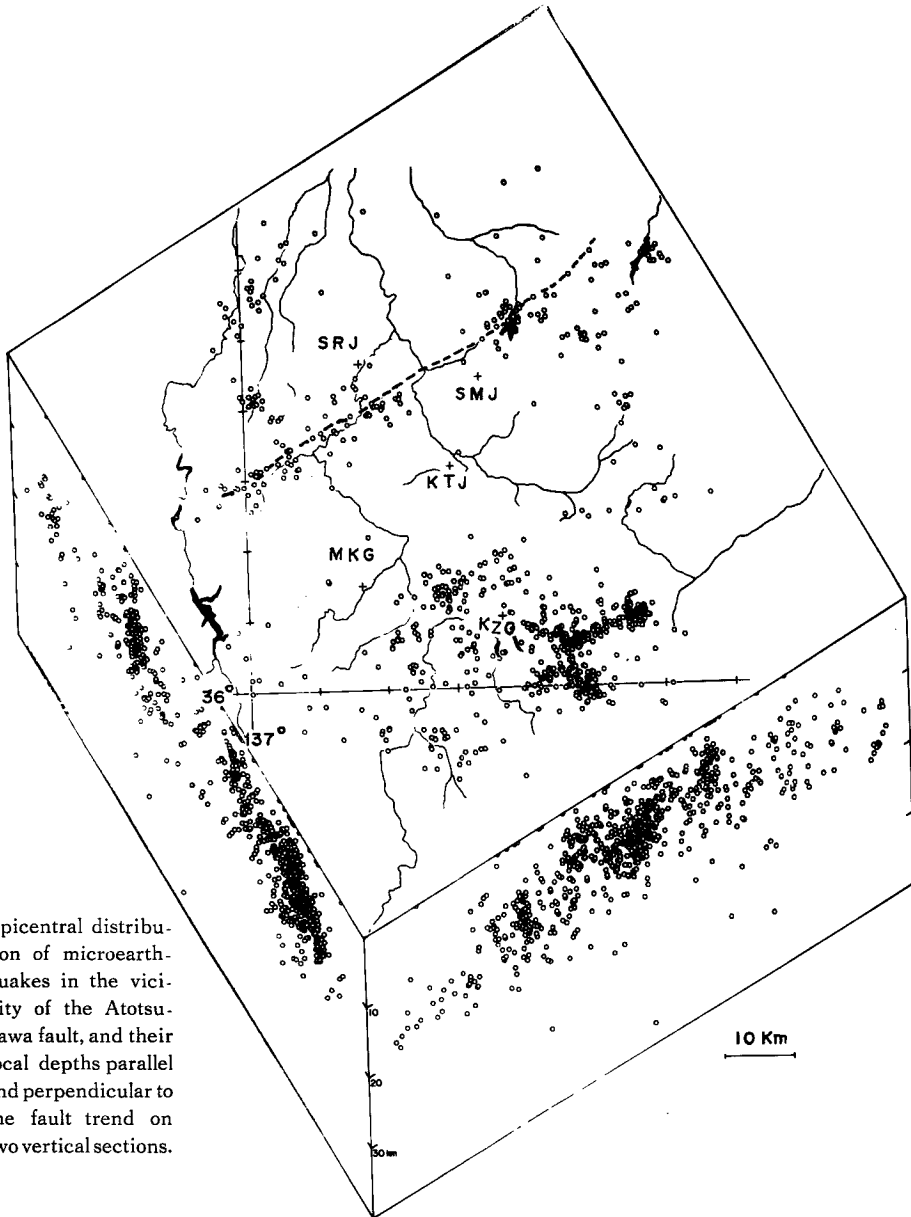


Fig. 5 Epicentral distribution of microearthquakes in the vicinity of the Atsugawa fault, and their focal depths parallel and perpendicular to the fault trend on two vertical sections.

大きくは変わらないと考えられる。使用したデータは、今回の観測網の大きさを考慮して、上宝で観測された $S-P$ time が6秒以下の地震に限った。

Fig 5 は、1971年7月から1973年12月までの跡津川断層附近の震源分布図である。図中、KTJ, SMJ, SRJ は上宝観測網の上宝, 下ノ本, 杉原であり, MKG, KZO は高山地震観測所の本所及び衛星点九蔵を示す。

この地域の地域の地震活動にはいくつかの特徴が見られる。まず跡津川断層に沿う線状配列, 山田川沿いの

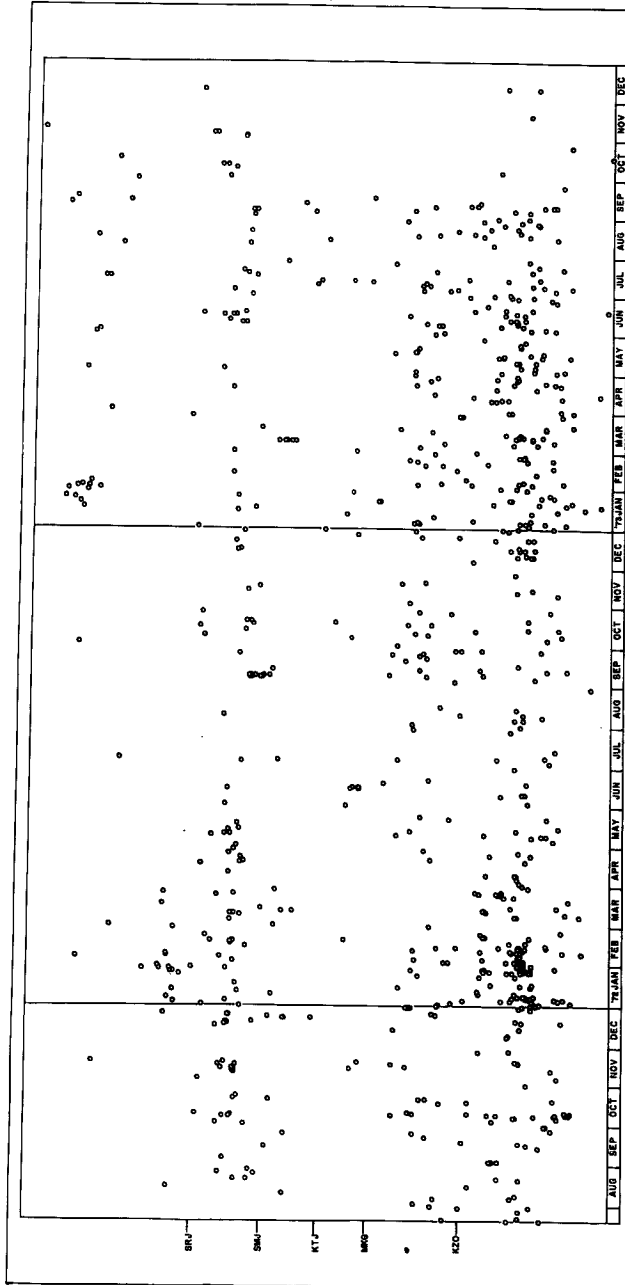


Fig. 6 Temporal variations of seismicity. The ordinate shows the location of epicenters projected on the plane perpendicular to the Atotsugawa fault.

断層に沿うと思われる線状配列，乗鞍岳附近の塊状分布，最後に上宝周辺の低活動地域の存在である。最初の跡津川断層に沿う線状配列は，断層の全長にわたって一様に分布しているのではなく，その活動は西側の天生～角川間，東側の有峰～黒部湖間の2部分に分れているように見え，断層中央部の高原川流域のように，まったく起っていない所が存在する。このことは，過去の大地震の断層の動きの範囲を示唆するものとも考えられ，大変興味ある事であるが，中央部に実際に地震が起らないのか否かはさらに多くの資料が蓄積した段階で確かめる必要がある。次に山田川沿いの線状配列であるが，ここには，N25°Eの走向をもつ断層があることが坂本⁹⁾ 他によって指摘されているので，この断層に沿う分布であろうと思われる。乗鞍岳附近の塊状分布に関しては，岐阜県中部地震の余震域から北東方向にのびる活動域の一部分であると考えられる¹⁸⁾。またこの地域に限って言えば，活動域は跡津川断層に平行な分布と，それと共役な関係の分布の集りのように見える。上宝周辺の低活動地域の存在は，この附近の地域的特徴かと思えるが，詳しくは今後の観測結果を待ちたい。

次にこれらの地震の深さ分布を，断層に平行な方向の断面およびそれに直角な方向の2つの断面に投影して示した。震源決定の方法から考えて，これらの深さの精度は数kmと考えられる。これを考慮しても，断面図から明らかのように，そのほとんどが深さ15～20kmまでに分布している。特に跡津川断層附近の地震の深さ分布は，他の1級活断層一根本谷・山崎一附近等の場合と同じ傾向であることは興味深い。この事は，この場合の断層面の深さが15～20km附近にまで及んでいるか，あるいは，さらに断層面が深くても，この深さで地殻物性が変化しているため brittle な破壊が起りにくいことを示しているのかも知れない。

(2) 地震活動の時間的变化

Fig 6 に前項において示した地震活動の時間的变化を示す。縦軸は断層方向と直角な方向の面に投影した座

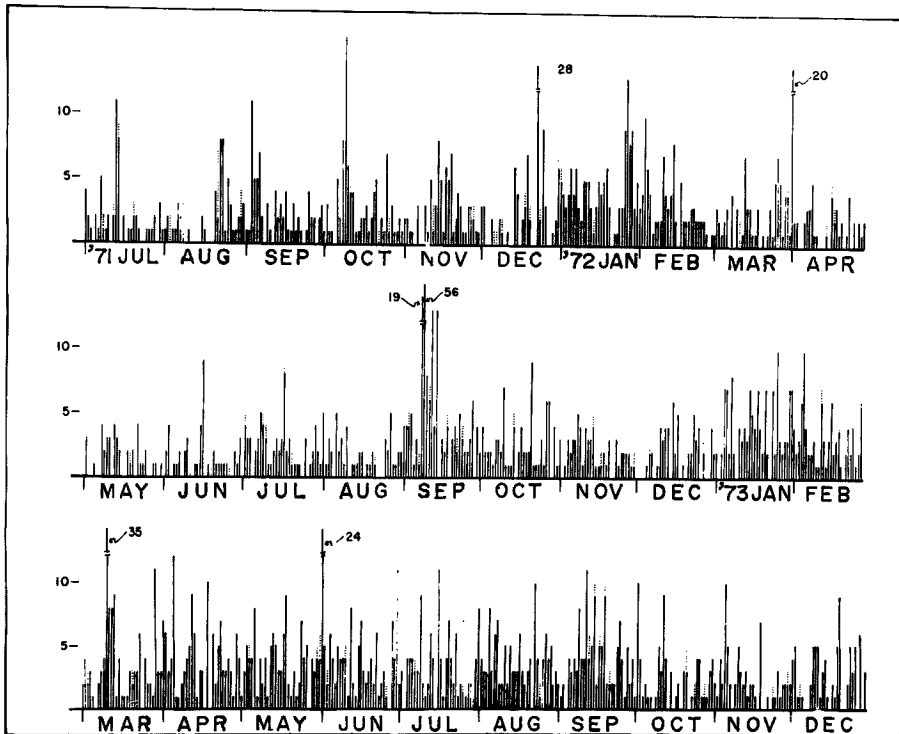


Fig. 7 Temporal variations of the number of microearthquakes with S-P times shorter than 6 sec recorded at KTJ.

標であり、横軸は時間である。これからどの地域をみても、地震活動はほぼ定常的であることがわかる。次に各活動域ごとにさらに詳しくみると、まず最初に図の一番上（北北西）の分布は山田川沿いの断層に沿う地震であるが、1973年1月～2月にかけて活発な様子を示し、以後その活動が続いている。次にその南方では、1972年1月～2月にかけて、富山県南部あたりにまとまった活動がみられるが、以後この地域に地震はまった

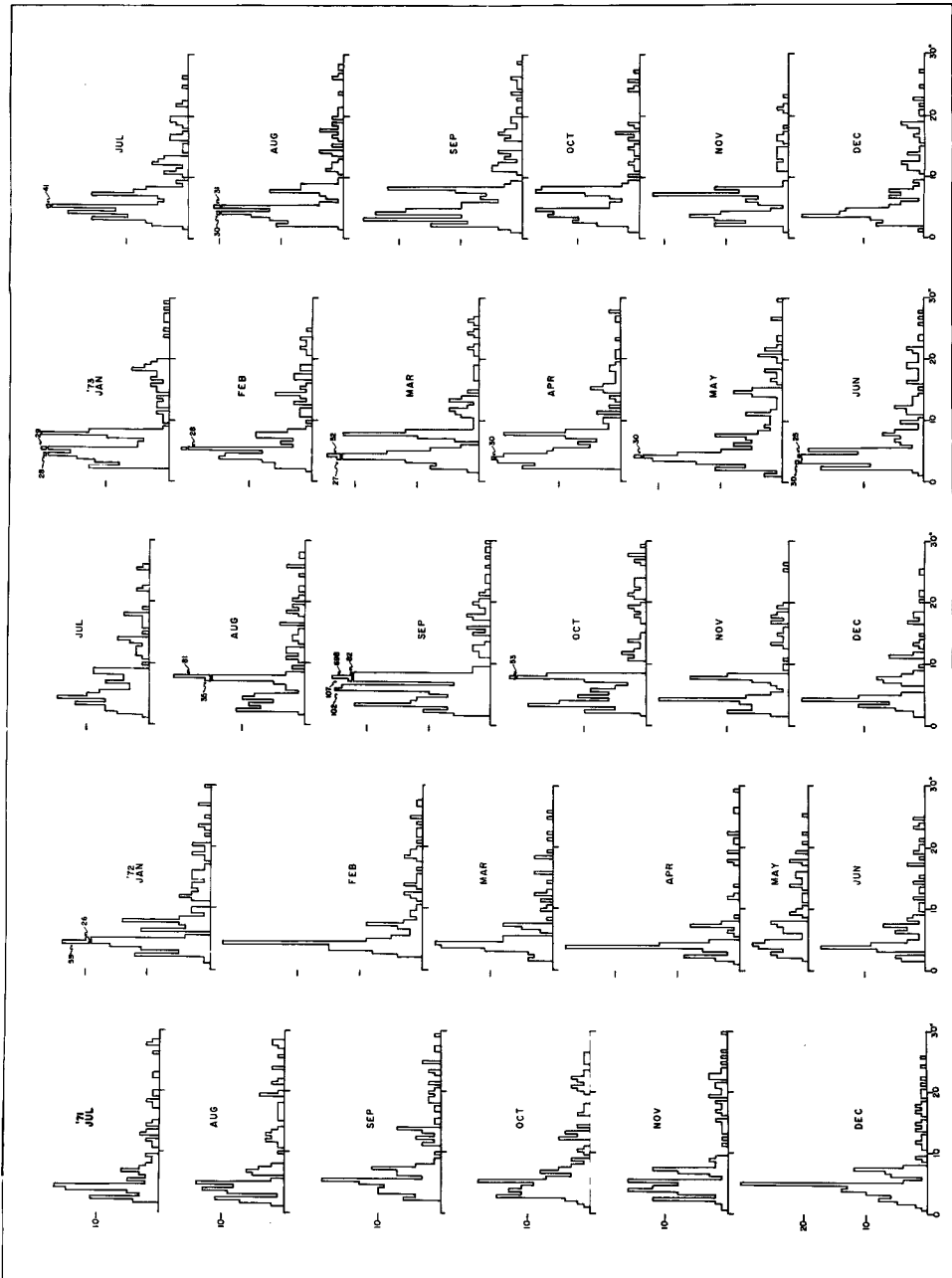


Fig. 8 Monthly frequency distributions of S-P times observed at KTJ.

く起っていないので、これはごく小規模な群発地震活動であろう。次の分布が跡津川断層に沿う地震である。これからは特に集中して起っている時期は見られず、この全期間を通して定常的な活動をしているようである。次の空白域が上宝周辺の低活動地域を示し、最後に乗鞍岳附近の高活動地域があらわれる。この地域では、1972年1月～2月にかけて活動が特に活発な様子を示すが、他の期間においても、他地域と比べて比較的活発である。

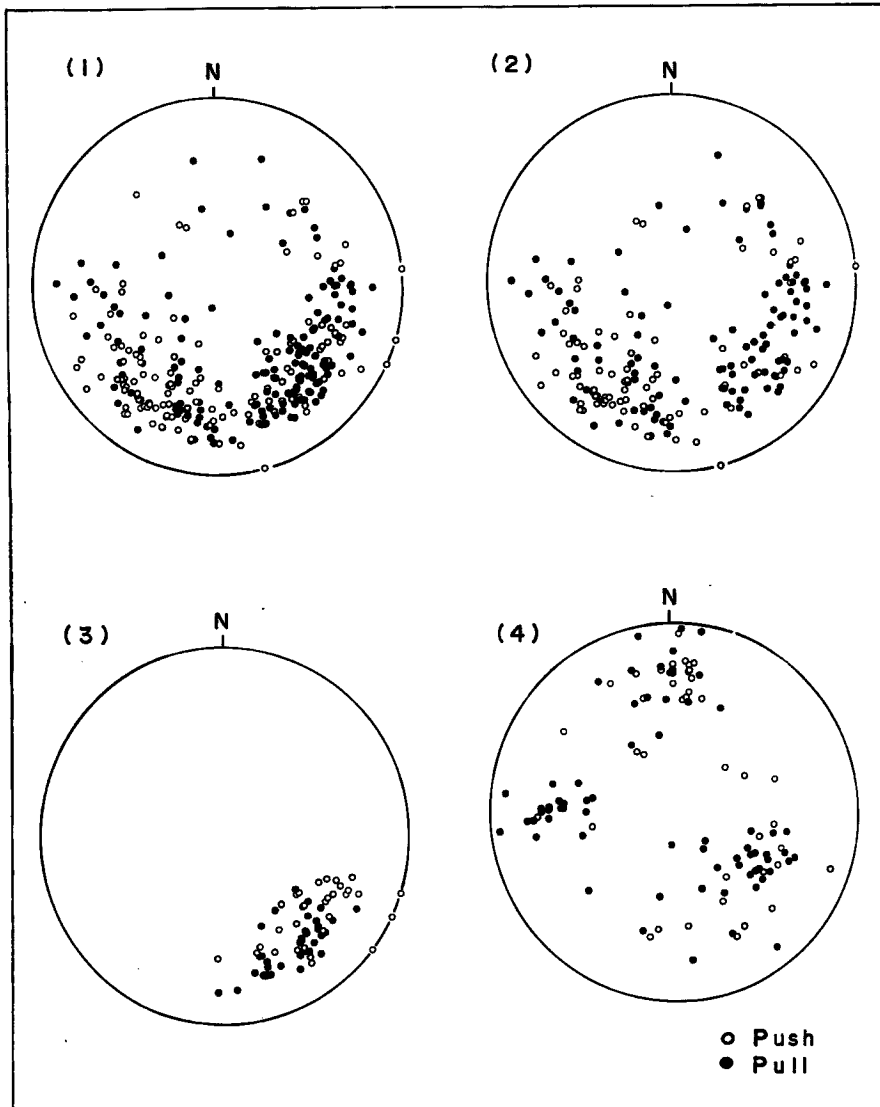


Fig. 9 Composite distributions of *P*-wave first motions projected onto the upper hemisphere of the Wulff net, (1) all shocks except earthquakes near Mt. Norikura, (2) microearthquakes near the Atotsugawa fault, (3) microearthquakes along a fault near the Yamada river, (4) shocks within the present seismograph network.

今回対象とした地震は、上宝で観測された $S-P$ time が6秒以下の地震に限ったが、 $S-P$ time が6秒以下でも、3点以上の観測点で記録されず、震源決定が出来なかったものが多数あった。Fig 7 に、上宝における $S-P$ time 6秒以下の地震の日別頻度分布を示す。図中破線は $S-P$ time 0~2秒、実線は2~6秒の個数であるが、1日平均4~5個の微小地震が起っているようである。また全体的にみると、活動状況が多少周期的に変化しているように見える。ここでとりわけ目立つ活動をあげてみると、1971年12月23日に $S-P$ time 4.7秒の地震が28個断層北東部において起っている。1972年4月1日には $S-P$ time 3.6秒の地震が有峰附近にて20個起っている。また同年9月8日には黒部ダムサイトにおいて震度IVを記録した地震が起り、翌日までに余震の数は上宝において74個を数えた。この地震は、気象庁では $M=3.9$ と推定している。上宝における $S-P$ time は5.8 (5.9) 秒である。1973年3月10日には有峰附近で $S-P$ time 4.0秒の地震が35個起っている。同年6月1日には、乗鞍岳附近において24個の、 $S-P$ time 3.1秒の地震が起っている。破線で示した $S-P$ time 2秒以下の地震について1ヶ所ピークをあげると、1971年8月21日に $S-P$ time 1.9秒の地震が数個角川附近に起きている。以上はすべて群発性の微小~小地震活動と考えられる。

Fig 8 は、上宝で記録された地震の $S-P$ time の月別分布である。1972年8月31日に岐阜・福井県境において多数の余震を伴った地震 ($M=6.0$) が起り、上宝においては、9月1ヶ月間で800個以上の余震を記録した。以後この余震域が活発なことは各月の分布より明らかであり、かなり長期間継続している。全体を通してみた場合、 $S-P$ time の分布には2ヶ所の卓越部分が見られる。1ヶ所は3~5秒の跡津川断層附近の地震であり、他の1ヶ所は前述の岐阜・福井県境の地震の余震に相当する6~8秒の部分である。

(3) 発震機構

現在、この地域の微小地震観測点は、名古屋大学所属のものを含めても数点であって、個々の地震の発震機構を推定することは難しいので、震央を重ね合せ、ウルフネット上半球投影の方法によって主圧力軸などの大体の傾向を調べた。Fig 9 は、(1)乗鞍岳附近の地震を除いた全ての地震、(2)跡津川断層に沿う地震、(3)山田川沿いの断層に沿う地震、(4)観測網内に決定された地震についての push-pull 分布である。どの分布をみても非常に押し引きが入り混っているが、このことは、個々の地震のメカニズムがそれ程同じように揃っていないためか、あるいは、この小観測網のデータから、かなりの範囲にある地震を重ね合わせる方法が適当でないことを示すものと考えられ、詳しい議論は、別の機会に地殻構造の影響も考慮した上、報告の予定である。ちなみにこの地域の地震に関して求められている P 波初動分布は、Fig 10 に示した通りであり、焼岳附近の地震に

Earthquakes in the vicinity of the Mt.Yake

Earthquake of the central part of Gifu prefecture

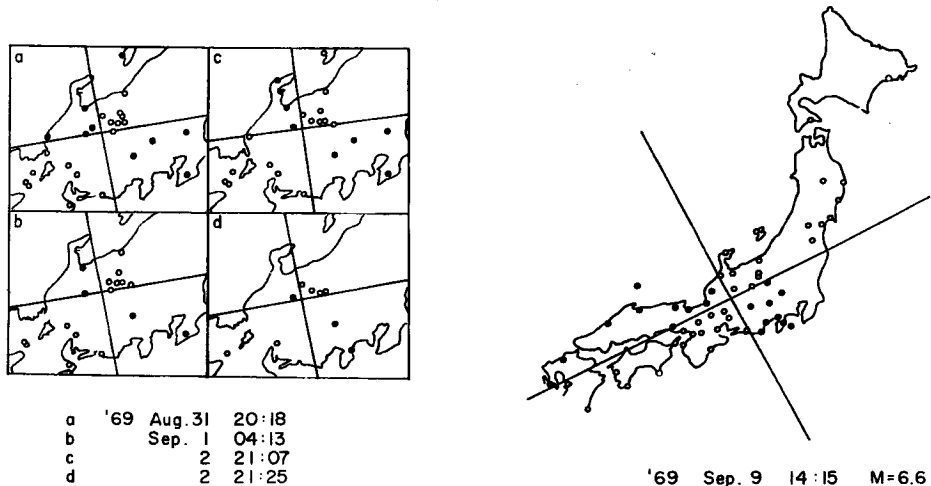


Fig. 10 Radiation pattern of P wave first motions for five earthquakes in this region, left: after Ohtake,¹⁹⁾ right: after JMA.²⁰⁾

ついで主圧力方向は $N125^{\circ}E$,¹⁸⁾ 1969年9月9日の岐阜県中部地震については $N108^{\circ}E$ ²⁰⁾ と求められている。また1961年北米濃地震は右横ずれ成分を含む逆断層型と解釈されている²¹⁾が、主圧力軸はほぼ東西方向である。

4. ま と め

従来の気象庁の観測からは、跡津川断層附近には、ほとんど地震が起っていないといわれていたが、1971年～1973年の微小地震観測の結果、跡津川断層沿いには非常にきれいに線状配列を示す活動があることが明らかになった。このことは、この地域の過去のいくつかの大きい地震が、跡津川断層の動きによって起ったものと考えられていることとあわせ、今後の跡津川断層の動きを監視する上で非常に有意義と思われる。また跡津川断層北方の山田川沿いの断層に沿ってもかなりはっきりした線状配列が見られる。今後はさらに臨時観測点の設置等により、さらに詳しく活動状況を研究して行く予定である。

5. 謝 辞

最後に、毎日多忙にもかかわらず、快く記録の取替等をして下さった下ノ本中学校の先生・生徒諸氏、杉原観測室の沢田天瑞、泉達哉の両氏に厚く御礼申し上げる。また貴重な資料を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、中村勝の両氏に心から御礼申し上げます。また多大なる御指導、御協力下さった地震予知計測部門、微小地震部門、北陸微小地震観測所の方々、上宝地殻変動観測所の土居光、和田安男の両氏に心より感謝します。

参 考 文 献

- 1) SUGIMURA, A. and T. MATSUDA : Atera fault and its displacement vectors, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **76**, 1965, pp. 69—91.
- 2) 松田時彦：1891年濃尾地震の地震断層，震研速報，**13**，1974，pp. 85—126.
- 3) 松田時彦：跡津川断層の横ずれ変位，震研彙報，**44**，1966，pp. 1179—1212.
- 4) 渡辺晃・中村正夫：根尾谷近傍に発生する微小地震の2，3の性質，地震2，**20**，1967，pp. 106—115.
- 5) 伊神輝・安久勉・青木治三：阿寺断層附近の低い地震活動，地震2，**25**，1972，pp. 232—242.
- 6) 和田博夫・岸本兆方：跡津川断層附近における微小地震活動第1報，地震2，**27**，1974，pp. 1—9.
- 7) 和田博夫：跡津川断層附近における微小地震活動第2報，地震2（投稿中）
- 8) 第4紀地殻変動グループ：第4紀地殻変動図 No. 4，断層分布図，1969.
- 9) 坂本享・野沢保：5万分の1地質図幅。八尾，1960.
- 10) 藤井昭二・相馬恒雄・大塚寅雄・近藤善教・小川健三・坂本清次他：富山県地質図，1970.
- 11) 東京天文台：50年版理科年表.
- 12) 宇佐美龍夫：歴史的地震の震央位置について，震研速報，**12**，1974，pp. 1—29.
- 13) 山沢金五郎：安政5年2月26日の飛騨角川大地震に就て，地震1，1929，pp. 125—128.
- 14) 震災予防調査会：大日本地震史料.
- 15) 気象庁：地震月報.
- 16) 内田真人：微小地震観測網で決定した近畿周辺の深発地震，地震2，**26**，1973，pp. 348—358.
- 17) AOKI, H: Plate tectonics of arc-junction at central Japan, *J. Phys. Earth*, **22**, 1974, pp. 141—162.
- 18) 山田功夫・宮島方雄・藤井巖・中村勝：飛騨地方の微小地震活動(1)，地震2，**25**，1972，pp. 124—133.
- 19) 大竹政和：上高地付近に発生した地震群について，震研彙報，**48**，1970，pp. 65—71.
- 20) 気象庁・岐阜地方气象台：昭和44年9月9日岐阜県中部地震調査報告，験震時報，**34**，1970，pp. 157—176.
- 21) KAWASAKI, I: The focal process of the Kita-Mino earthquake of August 19, and its relationship to a Quaternary fault, The Hatogayu-Koike fault, *J. phys. Earth*, **23**, 1975, (in press).
- 22) 国立防災科学技術センター：Explanatory text of the Quaternary tectonic map of Japan, 1973.