

飛驒山脈の群発地震（その2）

—— 周辺活動域への影響 ——

和田博夫・伊藤 潔・大見士朗

要 旨

1998年8月から始まった飛驒山脈・上高地付近の地震活動は約1年6ヶ月程度継続し、この地域において地震観測が始まってから、規模（ $M=5.4$ ）及び期間ともに最大の活動であった。この一連の活動は、活動初期には飛驒山脈北部全域で活発な活動を示していたが、1999年にはいつてからは、上高地、穂高岳付近で活動が短期間に集中して発生する状態に変化したことがわかった。この群発地震活動が周辺域の地震活動域に及ぼした影響について調べた結果、隣接する長野県中部地域において活動が活発化したことが明らかになった。また、跡津川断層に沿う活動についても調べたが、断層西部において活動の低下がみられた。このことは、群発地震によって応力状態が変化したためと考えられる。

キーワード：飛驒山脈，地震活動，群発地震，震源域移動，時間的推移，応力状態

1. はじめに

1998年8月7日に始まった飛驒山脈・上高地付近の地震活動は、一年以上経過してもなお活発な様子を示していた。飛驒山脈周辺では、1990年以降4回の群発地震活動が発生しており、群発地震が頻繁に発生するといった特徴がある。その中でも1998年の活動は、地震の規模、活動期間とも、1977年にテレメータによる観測が始まってから、最大の活動であった。この活動の初期の段階における詳細は、和田・他（1999）によってまとめられている。

今回の報告では、その後の活動を含めて約1年6ヶ月続いた群発地震活動について述べるとともに、この地震によって、周辺の地震活動域に及ぼした影響について報告する。

2. 1998年群発地震活動

2.1 震源分布

1998年の群発地震活動は、上高地付近を含む東西に約9kmの帯状の活動域、穂高岳から槍ヶ岳付近に

かけての南北約12kmの帯状の活動域、槍ヶ岳付近の東西に約5-6kmの広がり、および北方の野口五郎岳付近の3ヶ所の塊状の活動域より成っており、全体として東西約10km、南北約25kmの震源域を形成している（Fig. 1）。

これらの活動域における地震の深さを見ると、上高地付近の東西の活動域は、地震の下限が6-7kmであり、他の活動域と比べると多少深く求められているようである。このことについては後で再度検討することにする。穂高岳から槍ヶ岳にかけての地域および野口五郎岳付近の活動は、2-3kmまでの深さにて発生していることがわかった。これまでの飛驒山脈に発生する地震の下限は、周辺域特に跡津川断層沿いに発生する地震とくらべて浅く、その下限は5-6kmと言われており、1998年の活動も、全体的にはこれまでの結果と良い一致をしている。しかし、前述のように個々の活動域について見ると、上高地付近と穂高岳から槍ヶ岳にかけての地域、及び野口五郎岳付近の活動の間には顕著な違いが見られる。相対的に深く求められている上高地付近の活動の深さを時間的に追ってみると、1998年9月から11月

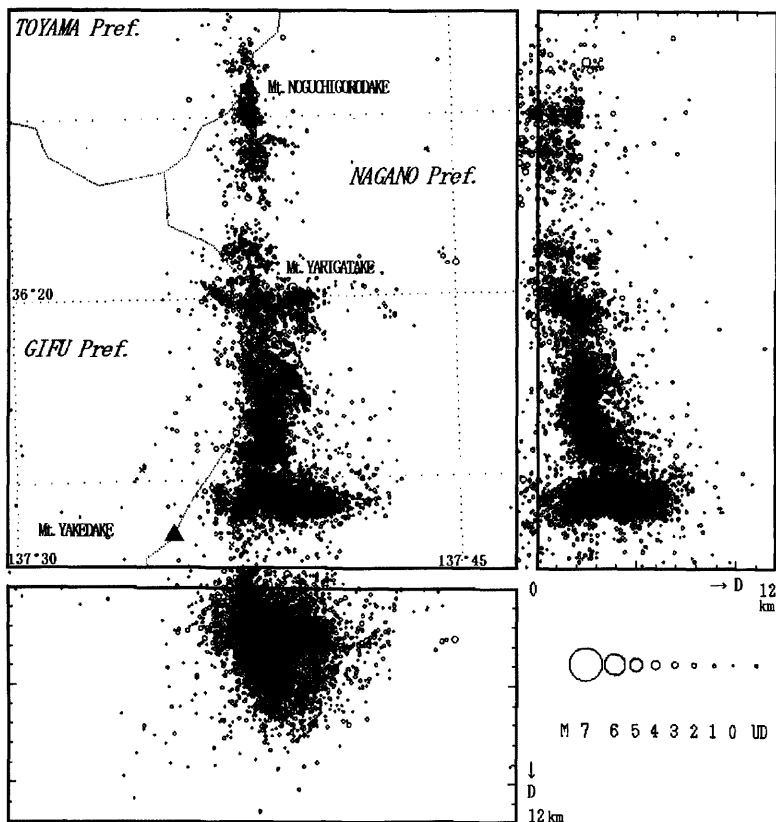


Fig.1 Epicenter (upper left figure) and focal depth (upper right and lower left figures) distributions of the Hida earthquake swarm events from August, 1998-December, 1999.

にかけての期間の地震が、その前後の期間に求められた地震よりも 2-3km 深く求められていることがわかった (Fig. 2)。このことは、この群発地震活動調査のために、気象庁、東京大学地震研究所等が上高地付近に臨時観測点を設置および撤収した時期と一致しており、観測点の配置による見かけ上の結果と考えられる。すなわち、近くに観測点のある期間の震源の深さがより正しいものと思われる。したがって、他の地域の浅い地震もやや深い可能性がある。しかし、地下構造が詳細にわかっているわけではないので、深さの絶対値については検討の余地がある。特に火山地域では浅い場合もあるので、震源の深さ精度の高い観測網が必要である。これまでに飛騨山脈に発生した地震活動においては、地域によって、この

ような顕著な違いは見られなかった。このことは、飛騨山脈という急峻な地形のために地震観測点の設置が困難で、地震発生域の付近に観測点がなかったことによるものと考えられる。また、従来は飛騨山脈の西側の観測点 (京大防災研・上宝観測所の観測網) のみで震源決定をしていたために、震源決定精度があまり良くなく、この報告のような議論をするには至らなかったものと考えられる。

2.2 時間的推移

Fig. 3 は、1998 年 8 月から 1999 年にかけての一連の群発地震活動の時間的推移を示したものである。当初上高地付近で活発だった活動は、北方の槍ヶ岳付近に移りそこから南北に広がるような傾向が見ら

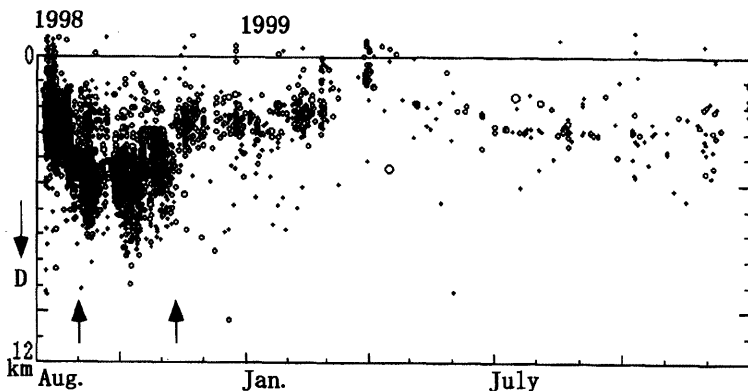


Fig.2 Variations in focal depths of the swarm events occurred in the Kamikochi. The epicenters are shown as the southern end group in Fig.1 (upper left figure). Two arrow heads show the period during which temporary stations were employed in Kamikochi and Nakanoyu, very close to the source area.

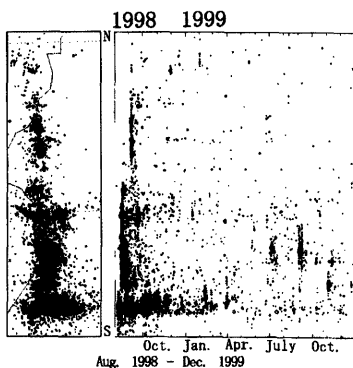


Fig.3 Epicenter distribution and space-time diagram of the swarm events from August 1998-December 1999. Epicenters are the same as in Fig.1 Southern end of the events occurred in the Kamikochi.

れた。そのあと、半月後の9月始めにはさらに北方の野口五郎岳に移り短期間ではあるが活発な状態を示した。その後活動は上高地付近の限られた範囲で活発な様子を示していたが、1999年4月の活動を境として、それまで活動が低下していた穂高岳付近において活発な様子を示している。活動の状況が、1999年を境として、それまでは徐々に減衰しながらも定期的に活動してきたが、以後は、活発な時期と静かな時期が繰り返す状態に変わってきた。2月、3-4月、

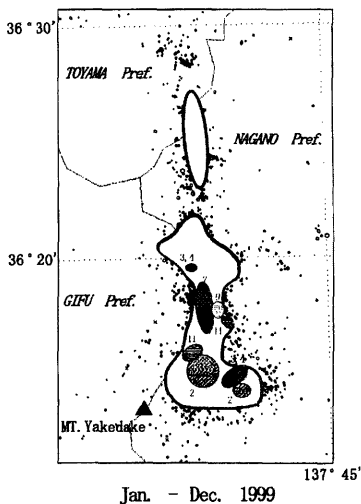


Fig.4 Swarm areas for the repeated activity in the Hida mountain range. Numbers refer to the month of the activity of the clusters in 1999.

7月、9月、11月には場所を変えながら、短期間に集中して群発地震が発生しているが (Fig.4), その活動の前には、非常に静かな期間が見られる。

3. 周辺の活動域の時間的推移

顕著な地震活動の前後に、その地域の周辺で地震活動に変化が見られることがいく例か報告されている（例えば片尾，1996）。1998 年から 1999 年にかけての活動は、飛騨山脈において観測史上最も顕著な活動であったため、周辺の地震活動域への影響を調べた。調査した地域は Fig. 5 に示すが、飛騨山脈北部を中心にその周囲の地震活動域を選出した。以下に各活動域ごとに調べた結果について報告する。

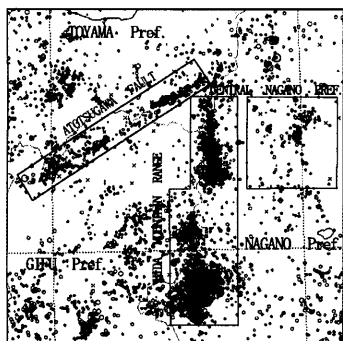


Fig.5 Map showing the areas for which the variations in seismic activity are examined being related with the 1998 earthquake swarm.

3.1 跡津川断層沿いの活動

跡津川断層沿いの長期間の地震活動については、和田・他（1995）によって報告されており、その特徴として、単発的な活動が定常的に継続している。Fig. 6(上図)には、1995 年 4 月以降の同地域に発生した地震の時間的推移を示す。縦軸は跡津川断層の走向（上： $N60^{\circ}E$ ）を表す。前述のように、ほぼ単発的かつ定常的に地震が発生しているが、1997 年頃からは時々活動が集中して発生する様子が見られ、特に断層東部において顕著である。このことは跡津川断層の稠密地震観測網の設置による検知能力の向上を意味するものと考えられる（和田・他，1996）。実際に集中して発生する地震の中には、マグニチュード（ M ）の小さな地震が多く、従来の観測網では震源決定ができなかった地震が数多く含まれている。この図より、飛騨山脈の群発地震（図の↓）前後の地震活動について、特別に変った様子は見られない。そこで検知能力の問題を除くために、 M の下限を上げた図（ $M1.0$ ）を示す（Fig. 6 の中図）。この図より、今回の群発地震の前に活動が低下して、活動が始まった頃に元の活動状況に戻ったように見え

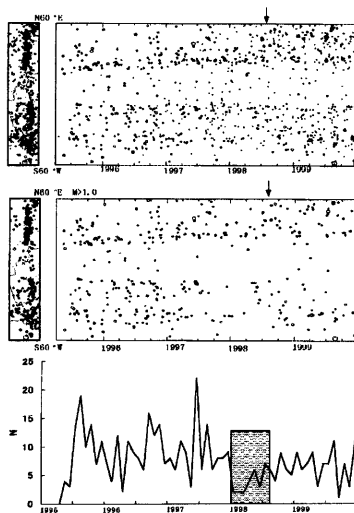


Fig.6 Epicenter map and space-time diagram of the earthquakes along the Atotsugawa fault for all events (upper figure) and events of $M>1.0$ (middle figure). The lower figure shows monthly number of events along the Atotsugawa fault. Shaded area show the period of low seismic activity before the 1998 Hida earthquake swarm.

る。この点をはっきりさせるために、Fig. 6(下図)に、同地域の $M1.0$ 以上の地震の月別頻度分布を示す。この図からも 1998 年の群発地震前に活動が比較的低下している様子がわかる。

3.2 飛騨山脈全体の活動

1998 年から 1999 年の一連の群発地震域を含む南は御岳から北は烏帽子岳に至る飛騨山脈全体の地震活動の時間的推移を Fig. 7 に示す。図の下方の活動は、長野県西部地震の余震であり、全体的に大変活発な状態を示している。1996 年及び、1997 年に長野県西部の活動が低下しているとき、北方の地域で活発化しているように見える。同じようなことが、1990 年から 1995 年にかけて、乗鞍岳と長野県西部地震余震域の間で、一方が活発なときは他方が低下するといった相対的な状態が見られた（Fig. 8）。しかし、1998 年の群発地震のときには顕著な変化は見られなかった。また 1998 年の群発地震域に隣接する乗鞍岳や烏帽子岳付近の活動についても特に活動に変化は見られなかった。

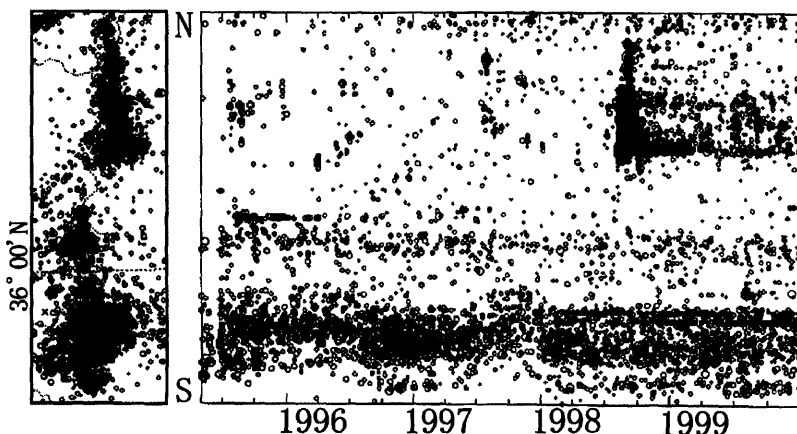


Fig.7 Epicenter map and space-time diagram of the earthquakes in the Hida mountain range from 1995-1999.

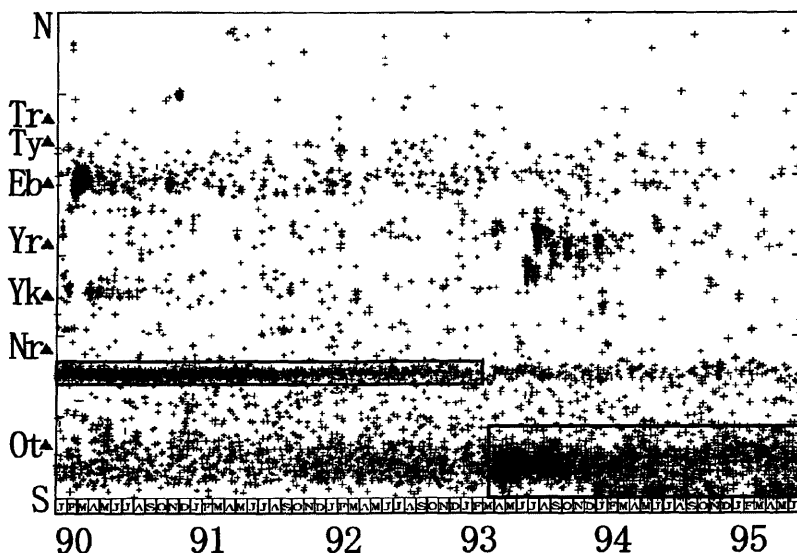


Fig.8 Space-time diagram of the earthquakes in the Hida mountain range from 1990-1995. Triangles show main mountains, Tr:Tsurugidake, Ty:Tateyama, Eb:Eboshidake, Yr:Yarigatake, Yk:Yakedake, Nr:Norikuradake and Ot:Ontake

3.3 長野県中部の活動

1998年の群発地震域の東側に位置するこの地域は、飛騨山脈下に減衰域が存在するため、地震波を通しにくいとの報告（金井・他，1984）もあり、従来の上宝観測所の観測網での検知能力は非常に乏しく、小さな地震は殆ど震源決定ができなかった。しかし

1995年の兵庫県南部地震を契機にして、衛星通信システムが導入され、隣接他機関のデータが受信できるようになった。その結果、上宝観測所では、隣接する東京大学地震研究所信越観測所、気象庁、名古屋大学、防災科学技術研究所の観測網のデータを取り入れることができ、長野県中部地域の地震の検知

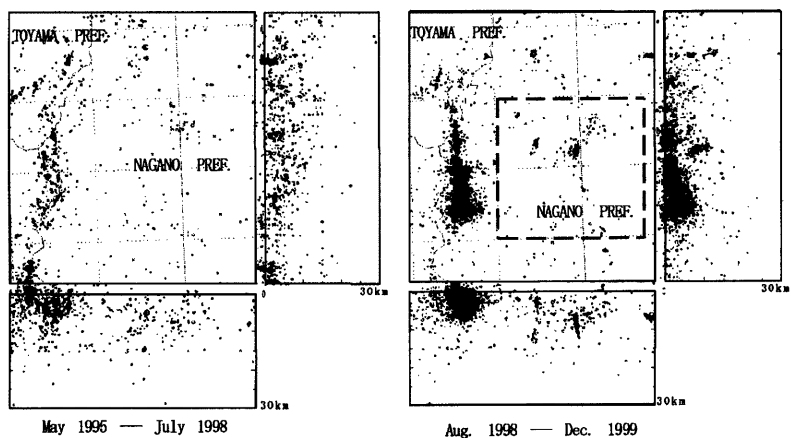


Fig.9 Epicenter and focal depth distributions in central Nagano prefecture before and after the 1998 Hida mountain earthquake swarm.

能力が各段に向上した。このようなデータを用いて微小地震も含めて飛騨山脈の東部における地震活動の変化を調べることができるようになった。

同地域における群発地震開始前後の震源分布をFig. 9 に示す。Fig. 10 には Fig. 9 の破線枠の領域の地震の月別頻度分布を示す。1997 年以降は検知率はほぼ同じである。Fig. 9 より、活動の集中が数カ所で見られ、その活動は1998 年8月の群発地震の後に特に活発化した (Fig. 10)。たとえば、1999 年1月

の松本市北方、1999 年8,9月の松川観測点付近の地震群が顕著である。このことは、両地域が隣接していることも考え併せると、これまで保たれていた応力状態が、1998 年の群発地震活動によって変化したために、地震活動に変化が生じたものと考えられる。

4. まとめ

1998 年8月の飛騨山脈群発地震活動は、最近のこ

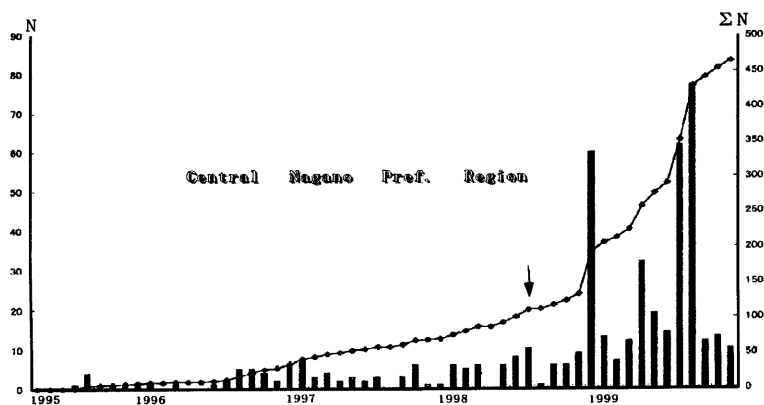


Fig.10 Monthly numbers (bar) and their cumulative numbers (line) of earthquakes in central Nagano Prefecture to the east of the Hida mountains indicated by a rectangle of broken line in Figure 9.

の地域における観測史上最も顕著なイベントであった。この群発地震活動によって、跡津川断層沿いを含む活動域での地震活動に変化が表れたか否かを調べた。その結果、跡津川断層沿いの活動には、今回の活動の前に静かになり、活動が始まるとともに元の状態に戻った様子が見られた。飛騨山脈全体の活動には特段の変化は見られなかった。群発地震活動域の東に隣接する長野県中部地域の活動には、1998年の活動以後、明らかに活発化した様子が見られた。これらの現象は、応力状態の変化によって表れたものと考えることができる。

謝 辞

衛星通信システムの管理等で平野憲雄技官に大変お世話になりました。また、小泉 誠技術室長には、観測点の保守、点検に御一緒にいただいた。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 片尾 浩 (1996) : 兵庫県南部地震余震域周辺の地震活動, 地震予知連絡会報, 第 55 巻, pp. 508-515.
 金井伸二・河野芳輝・溝上 恵・和田博夫・藤井 巖 (1984) : 飛騨山脈下の地震波伝搬異常 (1), 地震学会講演予稿集 No. 2, p. 248.
 和田博夫・伊藤 潔 (1995) : 跡津川断層付近の地震活動, 京都大学防災研究所年報, 第 38 号 B-1, pp. 235-250.
 和田博夫・伊藤 潔・安藤雅孝・和田一成 (1996) : 神岡鉱山・茂住坑における地震観測, 京都大学防災研究所年報, 第 39 号 B-1, pp. 241-250.
 和田博夫・伊藤 潔・大見士朗・岩岡圭美・池田直人・北田和幸 (1999) : 1998 年飛騨山脈群発地震活動, 京都大学防災研究所年報, 第 42 号 B-1, pp. 81-96.

1998 Hida Mountain earthquake swarm (Part 2) - effect of the swarm on the seismic activity in the surrounding area -

Hiroo WADA, Kiyoshi ITO and Shiro OHMI

Synopsis

Earthquake swarms in the Hida mountain range started in August, 1998, continued about one and half years and are the largest swarm activities in size (the largest magnitude of 5.4) and in duration time since the micro-earthquake observation started in 1977. More than 9,200 events have been located by the Kamitakara Observatory during 1.5 years. Main activity expanded from south to north along the Hida mountain range in the first month and the activity decreased until February, 1999, after that a new stage of swarm activities began. The influence of the swarms to the seismic activity in the surrounding areas were examined from the frequency of events. The swarm activities did not have an effect on the seismic activity in the southern part of the Hida mountain range, where activities were often changed by the activities in adjacent areas. Seismic activity in the central Nagano Prefecture increased after the Hida Mountain swarm. As for the seismicity along Atotsugawa fault, weak decrease of the activity is seen for three month before the earthquake swarm.

Key words: Hida mountain range; seismic activity; earthquake swarm; migration of earthquake; time variation in seismicity; stress state