

1998年飛騨山脈群発地震

和田博夫・伊藤 潔・大見士朗
岩岡圭美*・池田直人・北田和幸

* 富山大学大学院理工学研究科

要 旨

1998年8月7日飛騨山脈上高地付近において群発地震が発生した。衛星通信システムの導入によって周辺観測網のデータが得られるようになった最初のイベントであり、8カ月間に10,000個以上の震源を求めることができた。活動は、上高地付近の東西に帯状の地域、穂高岳から槍ヶ岳にかけての南北の帯状の地域及び野口五郎岳付近の南北に帯状の地域に発生し、これらの活動域を移動、再帰する現象が見られた。決められた $M=2$ 以上の地震約300個のメカニズム解は北西-南東方向に主圧力軸をもつ横ずれ型が卓越し、群発地震の南北、東西の並びと調和的である。また隣接する焼岳の火山活動との関連が注目されたが、火山活動を示す現象は観測されなかった。なお、今回の活動に関するデータを、地元岐阜県上宝村へ随時提供して災害対策の基礎資料とした。

キーワード：地震活動、群発地震、震源域の移動、火山性地震、焼岳、飛騨山脈

1. はじめに

1998年8月7日14時38分、飛騨山脈のほぼ中央部にあたる上高地付近を震源とする地震が発生した。この活動は8カ月後も時々活動の集中が見られる。期間中の最大地震は8月16日03:31槍ヶ岳付近に発生したマグニチュード（以下 M と略す）5.4の地震であった。今回の一連の地震活動は、近くに活火山である焼岳をひかえており、また多くの有感地震を数えたことや、鳴動を伴った地震が多かったことが、行楽シーズンで上高地入りしていた観光客や地元住民に多大の不安を与えた。しかし時間の経過とともに地震活動も徐々に減衰しており、また火山活動に結びつく火山性微動、低周波地震などの発生が見られなかったことから、今回の一連の地震活動や焼岳の火山活動に対する不安は一時解消されたようである。

飛騨地域は険しい山岳地帯であるため、これまで

観測網の設置が困難であり、各観測網の狭間であったが、阪神大震災以来、データ通信が再考されて、衛星通信による隣接観測網の再構築がなされ、今回の活動域を囲むような衛星観測網ができあがった。このような状況の中での最初のイベントであり、これまでに比べて格段に精度の良いデータが得られた。実際、上宝観測所では8カ月間に10,000個を越す地震の震源が求められている。

この報告では、今回の一連の活動状況を報告するとともに、今回の震源域に近い焼岳火山との関連についても述べる。

2. 中部地方北西部の地震活動

京都大学防災研究所地震予知研究センター上宝観測所（以下上宝観測所と略す。）では岐阜県北部において、1969年より微小地震観測を開始した。その

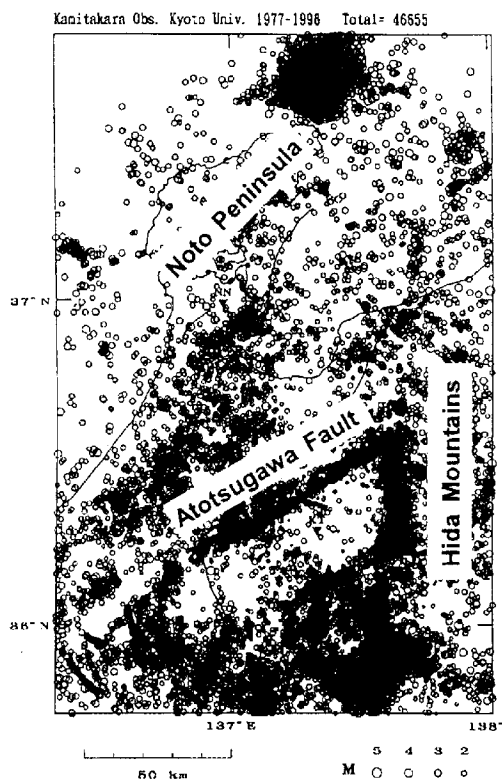


Fig. 1 Epicenter distribution of the northwestern Chubu district determined by the Kamitakara Observatory from 1977-1996.

後観測点の増設，N T T専用回線によるテレメータ化，衛星通信システム導入によるデータの自動処理等の経緯があって今日に至っている。データがほぼ均質に得られ始めたのは，テレメータ化された1977年からである。Fig. 1には，1977年から約20年間の中部地方北西部の地震活動の震央分布を示す。この地域は，第一級の活断層である跡津川断層があり，また焼岳火山を含む幾つかの火山が存在する場所であり，地震活動との関係が大変興味あるところである。この地域の地震活動については，和田・伊藤（1995），伊藤・和田（1996），和田ら（1996），伊藤ら（1994）において詳しい報告がされているので，ここではこの地域の特徴について簡単に述べる。1) 跡津川断層に沿う線状の活動域，2) 飛騨山脈に沿う塊状の活動域，3) 1993年能登半島沖地震の余震活動域のように非常に活発な活動域が存在する一方、4) 跡津川断層と飛騨山脈に囲まれる地域，5) 富山市周辺，6) 能登半島内陸部のように地震活動が不活発な地域がある。また，地震発生の様式が，1)の跡津川断層沿いに発生する地震は単発型であるのに対して，2)の飛騨山脈に発生する地震活動は群発型が多いのも特徴である。今回発生した上高地付近を中

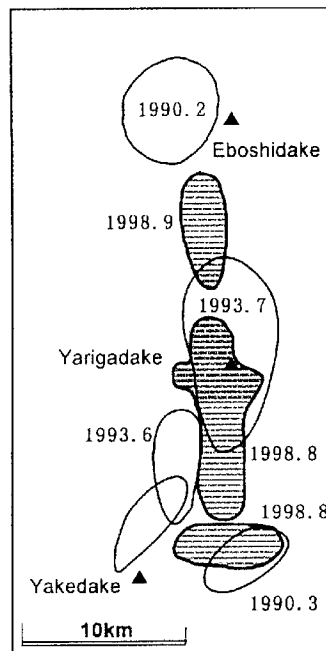


Fig. 2. Swarm areas in the Hida Mountains.

心とする地震活動も飛騨山脈の特徴を示す群発地震活動である。

3. 飛騨山脈のこれまでの群発地震活動

前述のように飛騨山脈にはこれまでに群発地震が多く発生しているが，ここでは1990年以降の群発地震活動について述べる（Fig. 2）。主な活動としては，1990年の焼岳，烏帽子岳，上高地の一連の活動と，1993年の穂高岳，槍ヶ岳の活動がある。1990年の活動は，まず焼岳の極近傍にて1月30日に発生した。約1週間でこの活動は終息した。その間，2月3日にはM=2.9のこの期間中最大の地震が発生し，震源が決まらない地震も含めて40数回の微小地震を観測した。その後活動は北方の烏帽子岳に移り，2月18日より約40日間，M=4以上の地震を数回含む活発な活動を継続した。活動はこの後南下に転じて，4月1日より，今回の活動域とほぼ同じ上高地付近にて活発な活動を展開した。次に1993年の活動であるが，6月24日に穂高岳付近において始まり，7月19日には北方の槍ヶ岳付近において，M=4.7 (21:41)，M=5.0 (20日00:10)を含む活発な活動が，翌年1月まで継続した。この活動は穂高岳から槍ヶ岳にかけての極狭い地域での活動であったが，活動域が時間とともに移動している現象が見られた。

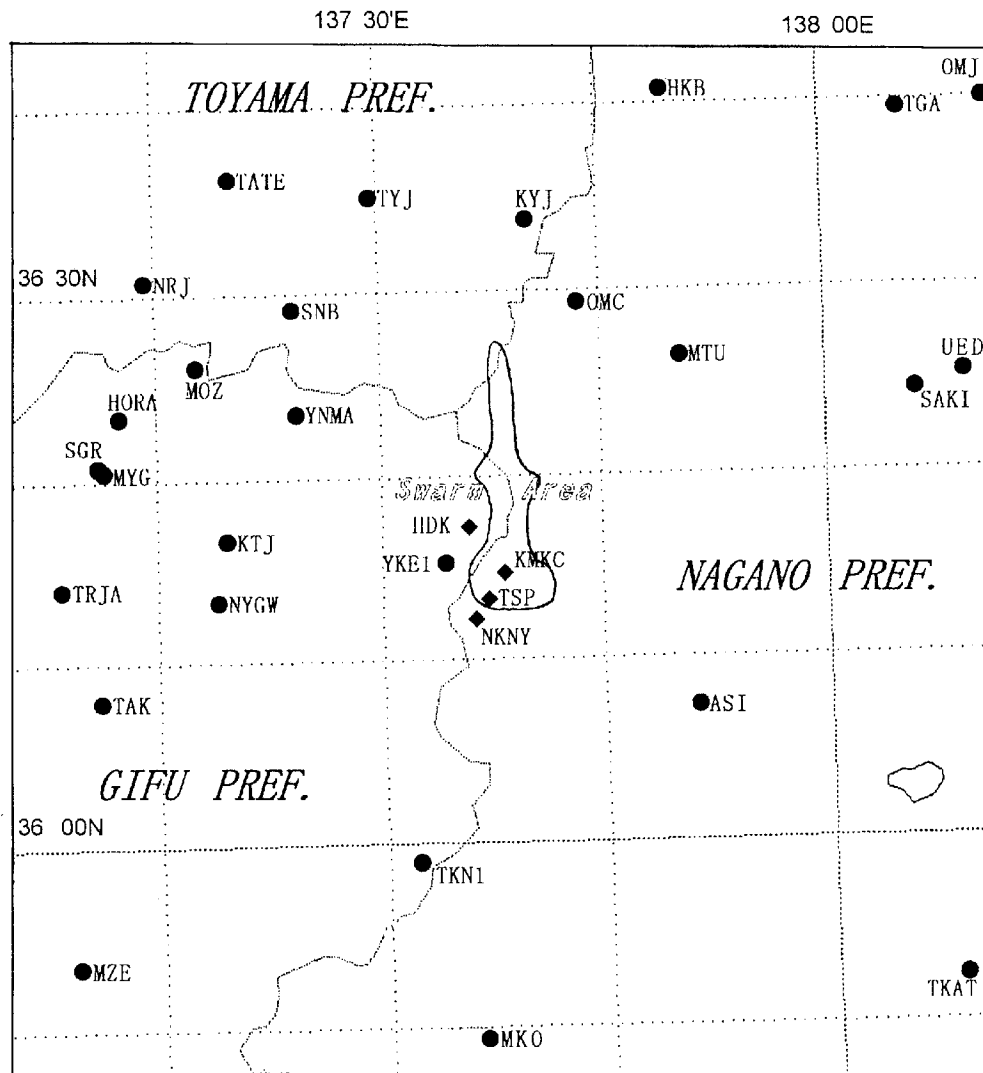


Fig. 3. Observation stations in and around the 1998 Hida earthquake swarm area. Solid circles and diamonds show routine and temporary stations, respectively.

4. 1998年8月7日の飛騨山脈群発地震活動

4. 1 観測網

飛騨山脈周辺の地震観測網は、東側は東京大学地震研究所信越地震観測所（以下信越観測所と略す。）、南側は名古屋大学理学部高山地震観測所（以下高山観測所と略す。）、西側は上宝観測所がそれぞれ独自に展開して処理解析を行ってきた。ところが1995年の阪神大震災によって地上回線には問題があることが指摘され、すぐに衛星通信によるデータ伝送方式が導入された。これによって飛騨山脈周辺の他機関の観測点のデータを受信することができ、気象庁の定常観測点を含めて、今回の震源域を囲むような観測網の構築ができた。また、防災科学技術研究所

及び地質調査所のデータおよび、今回の群発地震調査の為に臨時に設置された気象庁（2点）、東大地震研究所（1点）、京大防災研究所（1点）の観測点を含めて最大時56観測点にて、今回の活動を調べることができた。このような観測網によって、従来と比較して格段に精度の良いデータが得られた。今回の活動期間中の観測点のリストを付録のTable A1に、震源域周辺の観測点分布をFig. 3に示す。図中実線で囲んだのが今回の震源域である。震源域に近いKMKC, NKNY（気象庁）、TSP（東大）、IIDK（京大）の4観測点は今回の群発地震調査の為に臨時観測点である。地形的に非常に厳しい場所であるために、通常今回の活動域をリアルタイムでモニターしている観測点は、高山観測所の焼岳観測点（YKE1）1点

137·30'

137·45'

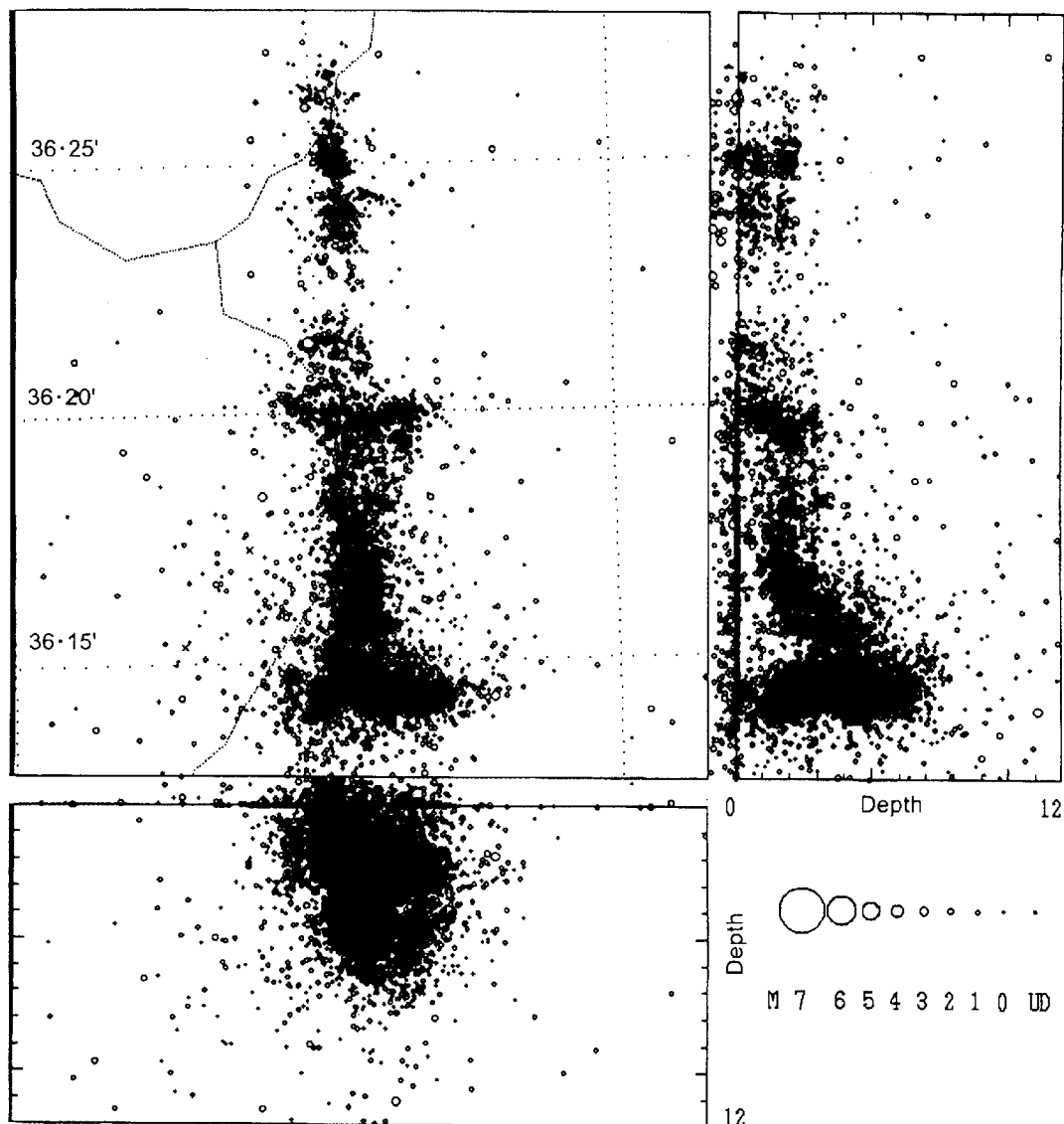


Fig. 4. Epicenters and section of focal depths of the 1998 Hida earthquake swarm from Aug. 7, 1998 - Apr. 19, 1999.

だけである。なお上宝観測所では現地集録方式で、焼岳の西麓において1992年7月から今日まで継続して観測を行っているが、今回の解析には含めていない。

4. 2 震源分布

今回の一連の地震活動の震源分布をFig. 4に示す。今回の活動は非常に多くの地震が発生したために、再観測が間にあわなかった。そのため、本報告においては上宝観測所の他に信越観測所、高山観測所、北陸観測所、名古屋大学地震・火山観測地域センター、気象庁、防災科学技術研究所、地質調査所等

の他機関のデータによって、上宝観測所において自動処理された結果を主に用いて解析を行った。なお1999年1月からは再観測が終了しているので、そちらのデータを用いた。ちなみに自動処理されたデータと再観測したデータを一部比較してみたが、大局的には大きな違いは見られなかった。

今回の群発地震活動は、以下の三カ所の活動域に分けることが出来る。7)上高地付近の東西に帯状の活動域、1)穂高岳から槍ヶ岳にかけての南北の帯状の活動域、2)野口五郎岳付近の南北に帯状の活動域。一連の活動のうち、上高地付近の活動は、最近までの期間ほぼ定常的な活動状況を呈している。特に

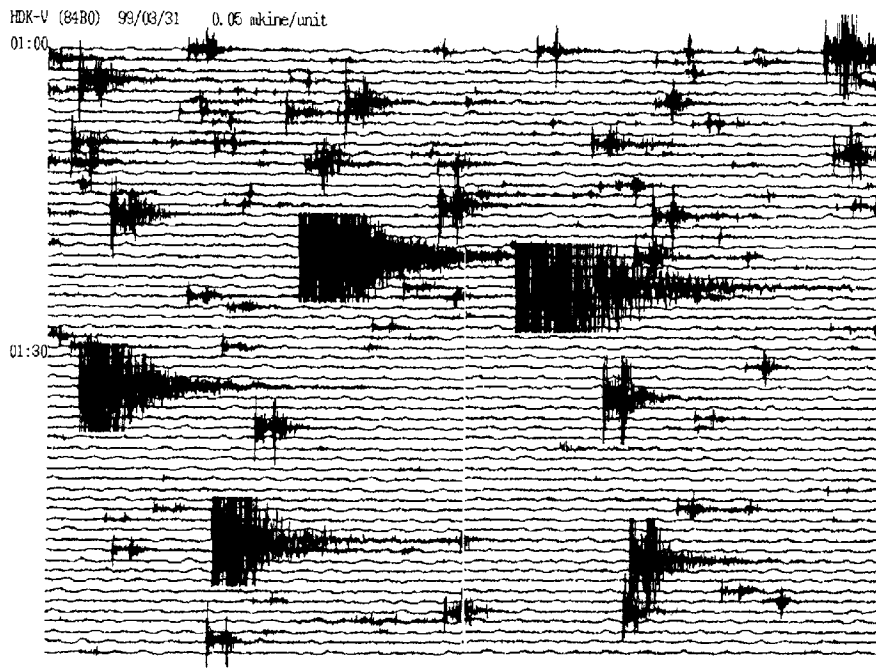


Fig. 5. An example of monitor records at Hodaka-daira station after 8 months from the beginning of the swarm activity.

9月後半以降の活動は殆どが上高地付近において発生している。また最近（1999年3月、4月）ではこの地域において短時間に集中して発生するような活動が時々見られる（Fig. 5）。

次に1)の穂高岳から槍ヶ岳にかけての活動であるが、今回の群発地震活動の発生一週間後から約一ヶ月の間、槍ヶ岳付近を中心として南北に広がるようにして活動が継続した。またりの野口五郎岳付近の活動は、9月5日に始まり、約一週間ほどの短期間で終息した。次に深さの分布であるが（Fig. 4の右及び下図）、上高地付近の活動の下限が6-7kmであるのに対して、北方の穂高岳、槍ヶ岳、野口五郎岳に行くにつれて浅く3kmとなっている。このことが事実か否かを調べるために、上高地付近の地震について、震源域直上の観測点を加えて震源決定した場合とそうでない場合の結果を比較した結果、直上に観測点があることによって、震源が2-3km深くなるのがわかった。よって穂高岳から槍ヶ岳にかけての活動や野口五郎岳付近の活動は上記の結果よりは2-3km深くなるのが想像される。しかし、この地域は山岳地帯の大変急峻な地形のために地震計設置は非常に難しく、観測による震源の深さを調査することは困難であるが、今後何らかの方法にてこの件を検討しなければならない。

4. 3 時間的推移

前述のように過去の群発地震活動において震源域の移動が見られたが、今回の一連の活動においても顕著な活動域の移動、再帰の現象が見られた。Fig. 6は今回の群発地震活動の推移を示したものである。左上図の範囲の活動について、右上図に、縦軸が南北断面に投影した位置、横軸に時間をとって活動域の変化を示している。右下図は縦軸に深さ、横軸には時間をとって、深さの時間的推移を示したものである。活動は最初上高地付近において始まり、6日後の8月12日に北方の穂高岳付近に移った。ここから南北に広がるように震源域の拡大が見られた後、9月5日に更に北方の野口五郎岳付近に移った。活動域の北上はこの時点で終わり、その後槍ヶ岳、穂高岳付近において短期間に活動の集中があった後、最初の活動域の上高地付近に戻って、活動が継続している。この間の移動速度を求めて見ると約1-2km/dayという値が求められた。この値は1990年の群発地震活動の時に、三雲ら（1990）が求めた移動速度と近い値を示しており、この地域における平均的な移動速度と考えられる。さらに、北方に震源が移動した後、その場所で震源が拡散するような広がりが見られる。この速度は10km/day程度で、前後の移動速度より速く、これは前後のものとは異なった震源移動だと思われ、震源移動には少なくとも2つのモードがあることがわかる。次に深さの時間的推移を見ると、8月後半から11月始めにかけて、その前後と

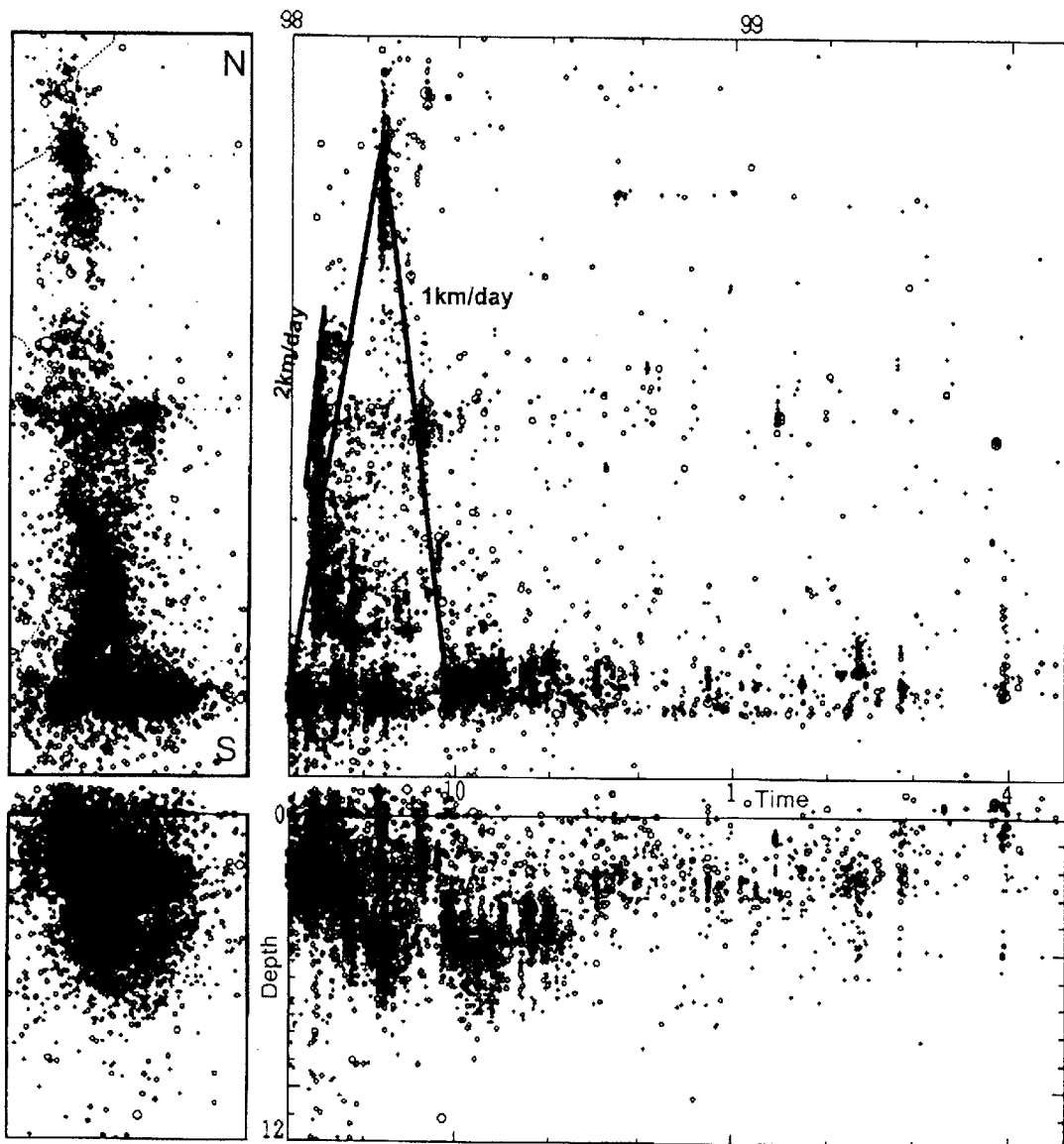


Fig. 6. Space-time plot (upper right figure) and depth-time plot (lower right figure) for the 1998 Hida earthquake swarm. Epicenters and focal depths are shown in the left-side figures. Migration of swarm area is clearly seen along the Hida Mountain. A velocity for the leaping movement of activity is about 1-2km/day. A spread of swarm area is like diffusion with a more rapid speed.

と比較して、明らかに深くなっている傾向が見られる。このことは4. 2の震源分布の項で述べたように、上高地付近に臨時観測点を設置した時期、撤収した時期と一致しており、観測網の配置による見かけ上の結果であることがわかった。

4. 4 メカニズム

衛星通信システムの導入によって、隣接観測網のデータが得られることになり、上記のように最大56観測点のデータを解析に用いることができた。この

ことによって、従来 $M=3$ 以上の地震しかメカニズム解が求められなかったのが、 $M=2$ 以上の地震についても多くメカニズム解を求めることができた。付録2のFig. A1~A4にそれぞれ上高地付近、穂高岳付近、槍ヶ岳付近、野口五郎岳付近の地震のメカニズム解を示す。いずれの地域においても、横ずれ型、正断層型、逆断層型が存在することが確認されたが、全体的な傾向として横ずれ型が卓越している。また、上高地付近の地震のなかには正断層型を示す地震が他の箇所より多少目立つ傾向が見られ、この地域の

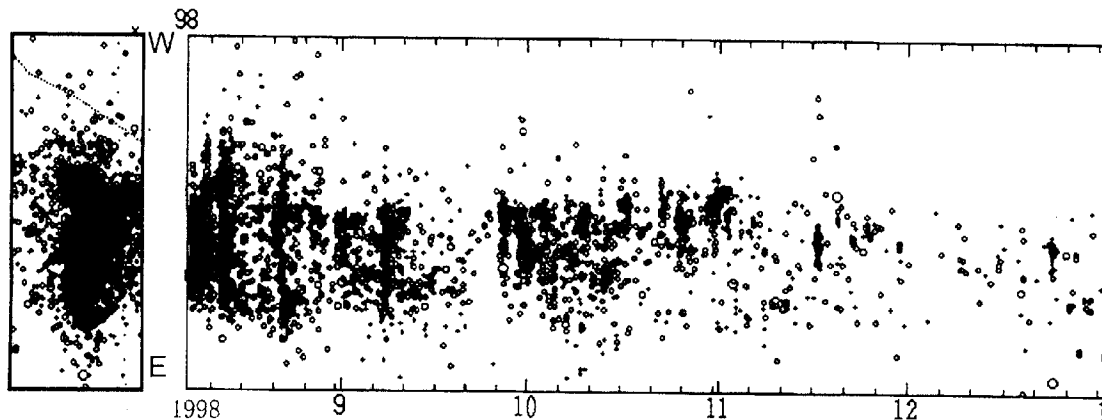


Fig. 7. Space-time plot of the events in the Kamikochi area. Epicenters are shown in left side figures. The swarm activity has been mainly continuing in this region after Oct., 1998.

地殻構造の複雑さを示しているのかも知れない。小泉ら（1993）が求めている結果と、今回の結果はほぼ一致しており、従来の結果を改めて再確認したものである。全体的には、この地域の主圧力が北西-南東方向であるが、その圧縮力によって飛騨山脈に東西あるいは南北の横ずれが発生して、今回の地震を起こしたと考えられる。

5. 焼岳火山との関連

今回の群発地震活動域の近くに位置する活火山、焼岳は、現在も噴気活動をしている火山であり、噴火活動こそ最近はなりを潜めているが、周辺での地震活動は活発な様相を呈している。焼岳は、明治から大正時代にかけて大変活発な噴火活動をしており、その後も時々活動していた（和田ら、1993）。しかし1962年（昭和37年）の噴火以降、噴火活動は停止したままである。最後の噴火から既に37年が経過しており、かなり長期間にわたって休止状態が続いている。また周辺地域での地震活動が活発であることから、焼岳の火山活動に関する再認識が必要である。以上のような状況の中で今回の群発地震が発生し、焼岳の麓では非常に多くの有感地震や鳴動を感じたことから、焼岳の噴火に繋がるのではないかと不安が高まった。事実、地震活動の調査の結果から、上高地付近に発生した地震の震源域は最初は、西方つまり焼岳に向かって拡大する傾向が見られた（Fig. 7）。しかしその傾向も途中から活動域が北方へと移動したこと、また火山地帯で噴火前に見られる火山性微動が見られなかったことや、低周波地震の発生頻度が通常と変わらなかったことなどから、ひとまずは不安解消となった。また、震源の深さが当

初は随分浅く求められていたために心配していたが、前述のように臨時観測点の設置によって深さが2-3km深く求められたことも不安解消の材料となった。今回の群発地震活動は焼岳の噴火活動に直接結びつくことはなかったが、焼岳周辺の地下での活動は活発であり、今後十分注意する必要がある。

6. 今回の群発地震による被害と自治体への対応

今回の群発地震発生期間中は、降雨量が多かった為に地盤の緩みがあったことも考えられ、複合的要素が大きいが、主な被害をあげてみる。長野県安曇村において走行中のタクシーの側面に落石があり、人身には怪我はなかったものの、物損事故が発生している。一方、奥飛騨温泉郷では、駐車場に停めてあった乗用車に、落石があり大破した。また裏山が崩壊して、直径5mにも及ぶ岩が露天風呂近くまで押し寄せてきて危険になったために、しばらくの間休業せざるを得なくなった旅館があった。山岳地帯では、下山中の登山者が落石にあっている。このように物損被害が多く発生したために、地元長野県安曇村や岐阜県上宝村では地震発生後災害対策本部を設置して警戒に当たっていた。以下は上宝村での対応を例にとって地震情報の活用と今後の問題点について述べる。群発地震発生4日後の8月11日に、地震対策連絡会議が開かれた。最初に岐阜地方気象台や、地元設置してある科学技術庁の強震ネットワークのデータに基づく経過説明があり、その後上宝観測所のデータによる現状説明を行った。また今後の対策として、宿直体制の充実、震源域に近いところの村営施設に職員を常駐させ、情報の収集にあたらせるなどの方針が示された。その後の情報を、村民・

観光客・登山者にどのようにして伝達するべきかも話し合われた。その後毎日新しい地震情報を村役場へ伝えた。8月16日にM=5.4の最大地震が発生したこともあって、8月17日には第2回の連絡会議が開かれた。前回会議以降の被害状況の説明の後で、地震活動の推移について上宝観測所のデータを提示して説明を行った。また、更なる監視体制の充実が確認された。以後有感地震数の減少等の理由により、監視体制の緩和が行われ、9月5日の第3回の対策会議において、対策本部の解散が承認された。しかしその後も無感地震は多数発生しており、毎日のように最新の地震情報を伝えた。村としては、今回の群発地震が焼岳に何らかの影響がないかというのが一番の感心事であったが、現状は焼岳の火山活動を監視するような体制が全くとれていないことから、十分な返答はできなかった。今後、焼岳火山の火山活動を監視する体制づくりが急務ではないかと考える。

5. まとめ

今回の群発地震活動はこれまでにない活発な様相を呈していた。その活動についてまとめると次のようである。

1) 衛星通信システムの導入により、隣接観測網のデータが容易に入手可能になり、震源域を囲むような観測網の構築ができ、従来と比較して格段に精度の良いデータが得られた。

2) 今回の活動は、上高地付近の東西に帯状の活動域、穂高岳から槍ヶ岳にかけての南北に帯状の活動域及び野口五郎岳付近の南北に帯状の活動域の三カ所で活発な活動が見られた。

3) 今回の一連の活動の深さ分布は、上高地付近の活動が7kmが下限であるのに対して、北方の活動は3kmほどと浅く求められていた。しかしこのことは、観測点の配置による見かけ上のものであることがわかり、飛騨山脈の地震活動の下限は全体として数kmと予想される。

4) 今回の群発地震活動においても、1990年、1993年と同じように、震源域の移動、再帰の現象が見られた。その移動の速度は、1-2km/dayと求めることができた。このことは1990年の群発地震活動の時に求められた値とほぼ一致しており、この地域の平均的な値と思われる。

5) 今回のM=2以上の地震約300個について、メカニズム解を求めることができた。その結果、横ずれ型が卓越していることがわかった。このことは、飛騨山脈付近にかかる北西-南東方向の応力場による

東西および南北方向の断層の破壊によって発生したものと考えられる。

今回の一連の群発地震活動は、焼岳火山の近くで発生したが、直接焼岳火山の噴火活動に結びつくことはなかった。しかし最後の噴火から既に37年が経過しており、焼岳の火山活動に対する認識を新たにするとともに、監視体制を確立する必要がある。

謝 辞

今回の観測期間中データの管理をして戴いた技術室の平野憲雄技官、メカニズム解析でご指導戴いた地震予知研究センター片尾 浩助手に感謝致します。穂高平観測点の設置に関しては、環境庁中部山岳国立公園平湯管理官事務所 三島光博管理官、神岡管林署(現飛騨森林管理署神岡事務所)の屋敷昌司氏、穂高平避難小屋の管理人水上千利氏、岐阜県上宝村役場の方々には大変お世話になりました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 伊藤 潔・和田博夫・渡辺邦彦・堀川晴央・佃 為成・酒井 要(1994)：1993年能登半島沖地震，京都大学防災研究所年報，第37号B-1，pp. 325-341.
- 伊藤 潔・和田博夫(1996)：飛騨山脈の地震活動と熱構造，月刊地球，Vol. 18, No. 2, pp. 123-128.
- 小泉 誠・伊藤 潔・和田博夫(1993)：中部地方北西部における地震の発震機構，京都大学防災研究所年報，第36号B-1，pp. 305-324.
- 三雲 健・和田博夫・平原和朗(1990)：飛騨山脈下の群発地震活動の移動現象とその1考察，地震学会講演予稿集，No. 2, p. 115.
- 和田博夫・伊藤 潔・梅田康弘・角野由夫(1993)：焼岳火山付近の群発地震観測，京都大学防災研究所年報，第36号B-1，pp. 291-303.
- 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-2, p. 235-250.
- 和田博夫・伊藤 潔・安藤雅孝・和田一成(1996)：神岡鉦山・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.

Appendix 1.

Table A1 List of observation stations used for this study. F,natural frequency of seismometer, h,dumping constant, G,amplification db, D,Volt per 1 digit for digital data

| Chno | STN | LAT | LONG | H | G | f | h | Amp | D | | |
|------|------|---------|----------|------|------|-------|------|-----|----------|--------------|-----|
| 8420 | KTJ | 36.2800 | 137.3269 | 760 | 300 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | Kamitakara | |
| 8443 | AMJ | 36.2491 | 137.0283 | 620 | 300 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |
| 8456 | NRJ | 36.5130 | 137.2382 | 220 | 300 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |
| 8459 | FMJ | 36.5178 | 136.8297 | 290 | 300 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |
| 845F | NNJ | 36.9820 | 136.9871 | 340 | 300 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |
| 8465 | AHJ | 36.9203 | 137.5957 | 230 | 300 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |
| 846B | HRJ | 37.3980 | 137.1410 | 210 | 300 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |
| 8481 | TYJ | 36.5858 | 137.4922 | 785 | 300 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |
| 8497 | MYG | 36.3441 | 137.1890 | 460 | 400 | 1.0 | 0.70 | 0 | 7.63E-06 | | |
| 8418 | MOZ | 36.4347 | 137.2930 | 363 | 300 | 1.0 | 0.70 | 60 | 2.44E-03 | Temp (Kyoto) | |
| 841B | HORA | 36.3908 | 137.2095 | 620 | 183 | 1.0 | 0.70 | 66 | 2.44E-03 | | |
| 841E | YNMA | 36.3930 | 137.4056 | 955 | 60 | 0.5 | 0.70 | 60 | 2.44E-03 | | |
| 8409 | TRJA | 36.2352 | 137.1417 | 550 | 60 | 0.5 | 0.70 | 66 | 2.44E-03 | | |
| 84B6 | SNB | 36.4860 | 137.4014 | 1420 | 180 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |
| 400F | HEGR | 37.8483 | 138.8200 | 12 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 1.72E-08 | JMA | |
| 4012 | KAGA | 36.2767 | 136.3317 | 25 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 1.71E-08 | | |
| 4044 | SADO | 38.0370 | 138.2803 | 146 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 1.67E-08 | | |
| 4053 | TKAT | 35.6750 | 138.1383 | 1180 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 1.70E-08 | | |
| 4056 | TATE | 36.6050 | 137.3333 | 236 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 1.72E-08 | | |
| 408F | YASU | 35.3583 | 137.8617 | 800 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 1.70E-08 | | |
| 4092 | SUZU | 37.4483 | 137.3633 | 10 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 1.69E-08 | | |
| 4095 | NYGW | 36.2232 | 137.3153 | 775 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 1.70E-08 | | |
| 40C4 | IZMZ | 37.5317 | 138.7095 | 40 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 1.70E-08 | | |
| 40D0 | SAKI | 36.4067 | 138.1000 | 930 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 1.71E-08 | | |
| 40D3 | HKUI | 36.9250 | 136.7817 | 35 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 1.70E-08 | | |
| 4530 | MTSR | 36.5433 | 138.2067 | 406 | 1 | 1.0 | 0.64 | 0 | 9.54E-10 | | |
| 0400 | WJM | 37.3511 | 138.8382 | 360 | 240 | 1.0 | 0.70 | 0 | 9.54E-06 | | ERI |
| 0403 | HGR | 37.8485 | 138.9214 | 10 | 240 | 1.0 | 0.70 | 0 | 9.54E-06 | | |
| 0410 | FKA | 37.8186 | 138.2243 | 160 | 238 | 1.0 | 0.70 | 6 | 9.54E-06 | | |
| 0440 | HKB | 36.6792 | 137.8258 | 930 | 241 | 1.0 | 0.70 | 6 | 9.54E-06 | | |
| 0446 | TGA | 36.6593 | 138.0847 | 760 | 241 | 1.0 | 0.70 | 6 | 9.54E-06 | | |
| 044C | MTU | 36.4396 | 137.8392 | 680 | 235 | 1.0 | 0.70 | 12 | 9.54E-06 | | |
| 0452 | ASI | 36.1223 | 137.8528 | 860 | 238 | 1.0 | 0.70 | 12 | 9.54E-06 | | |
| 0458 | UED | 36.4204 | 138.1526 | 660 | 236 | 1.0 | 0.70 | 12 | 9.54E-06 | | |
| 047C | OMJ | 36.6877 | 138.1820 | 508 | 240 | 1.0 | 0.70 | 12 | 9.54E-06 | | |
| 0070 | KYJ | 36.5640 | 137.6692 | 1390 | 240 | 1.0 | 0.70 | 18 | 7.63E-06 | | |
| 04CA | NUJ2 | 37.0489 | 138.0289 | 210 | 240 | 1.0 | 0.70 | 6 | 7.63E-06 | | |
| 9171 | ITD1 | 35.7447 | 136.7731 | 276 | 540 | 1.0 | 0.70 | 0 | 7.63E-06 | Nagoya | |
| 91F1 | TAK | 36.1328 | 137.1842 | 700 | 230 | 1.0 | 0.70 | 48 | 7.63E-06 | | |
| 9221 | MZE | 35.8912 | 137.1553 | 590 | 136 | 1.0 | 0.70 | 0 | 7.63E-06 | | |
| 9231 | YKE1 | 36.2555 | 137.5898 | 1150 | 136 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |
| 9241 | TKN1 | 35.9837 | 137.5341 | 1262 | 230 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |
| 9261 | MKO | 35.8220 | 137.6048 | 890 | 230 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |
| 9107 | TKC1 | 35.6525 | 137.4687 | 550 | 230 | 1.0 | 0.70 | 14 | 7.63E-06 | | |
| C0F0 | OTR | 36.8177 | 137.9025 | 575 | 1 | 1.0 | 0.70 | 0 | 2.44E-03 | NIDP | |
| C0FF | OMC | 36.4892 | 137.7237 | 1070 | 1 | 1.0 | 0.70 | 0 | 2.44E-03 | | |
| 840F | SGR | 36.3481 | 137.1845 | 85 | 175 | 1.0 | 0.70 | 72 | 2.44E-03 | GSJ | |
| 04C4 | TSP | 36.2206 | 137.6183 | 1530 | 1500 | 100.0 | 0.70 | 0 | 7.63E-06 | Temp(ERI) | |
| 40EB | KMKC | 36.2455 | 137.6378 | 1510 | 66 | 1.0 | 0.50 | 48 | 2.44E-03 | Temp(JMA) | |
| 403E | NKNY | 36.2027 | 137.6037 | 1560 | 66 | 1.0 | 0.50 | 42 | 2.44E-03 | | |
| 84B0 | HDK | 36.2877 | 137.5965 | 1355 | 180 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | Temp(DRPI) | |
| 8300 | KMJ | 36.3645 | 136.5057 | 70 | 300 | 1.0 | 0.70 | 60 | 2.44E-03 | Hokuriku | |
| 8303 | FKJ | 36.0941 | 136.1233 | 90 | 300 | 1.0 | 0.70 | 60 | 2.44E-03 | | |
| 8306 | KAJ | 36.0486 | 136.5281 | 300 | 300 | 1.0 | 0.70 | 60 | 2.44E-03 | | |
| 8309 | IMJ | 35.7982 | 136.3028 | 240 | 300 | 1.0 | 0.70 | 60 | 2.44E-03 | | |
| 8320 | HKJ | 35.9375 | 136.2125 | 20 | 300 | 1.0 | 0.70 | 12 | 7.63E-06 | | |

Appendix 2.

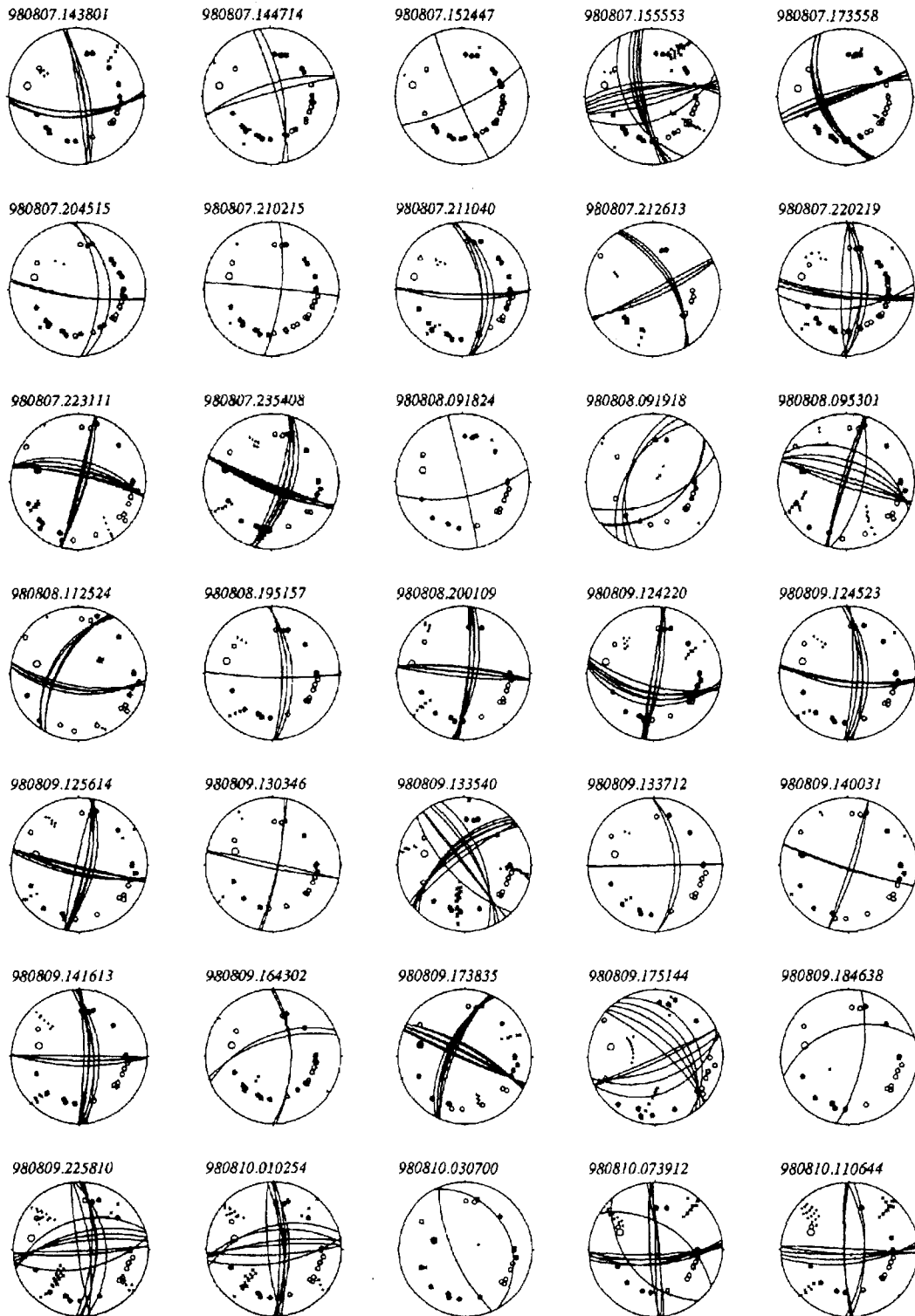


Fig. A1-1. Focal mechanisms of events in the Kamikochi determined from the directions of P-wave initial motions. Projection is equal area on lower hemisphere. All solutions with the same score are plotted in a projection.

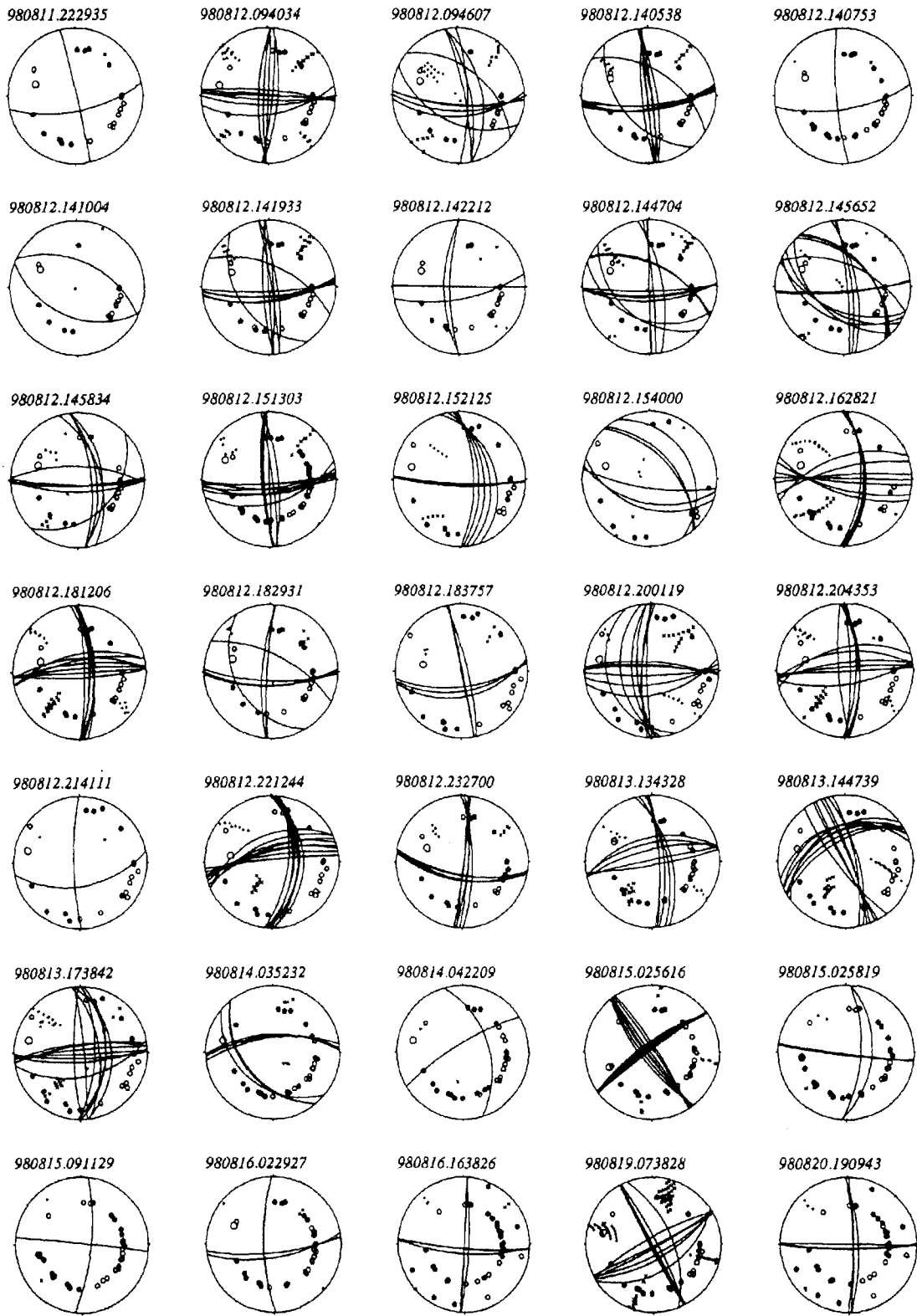


Fig. A1-2, Continue

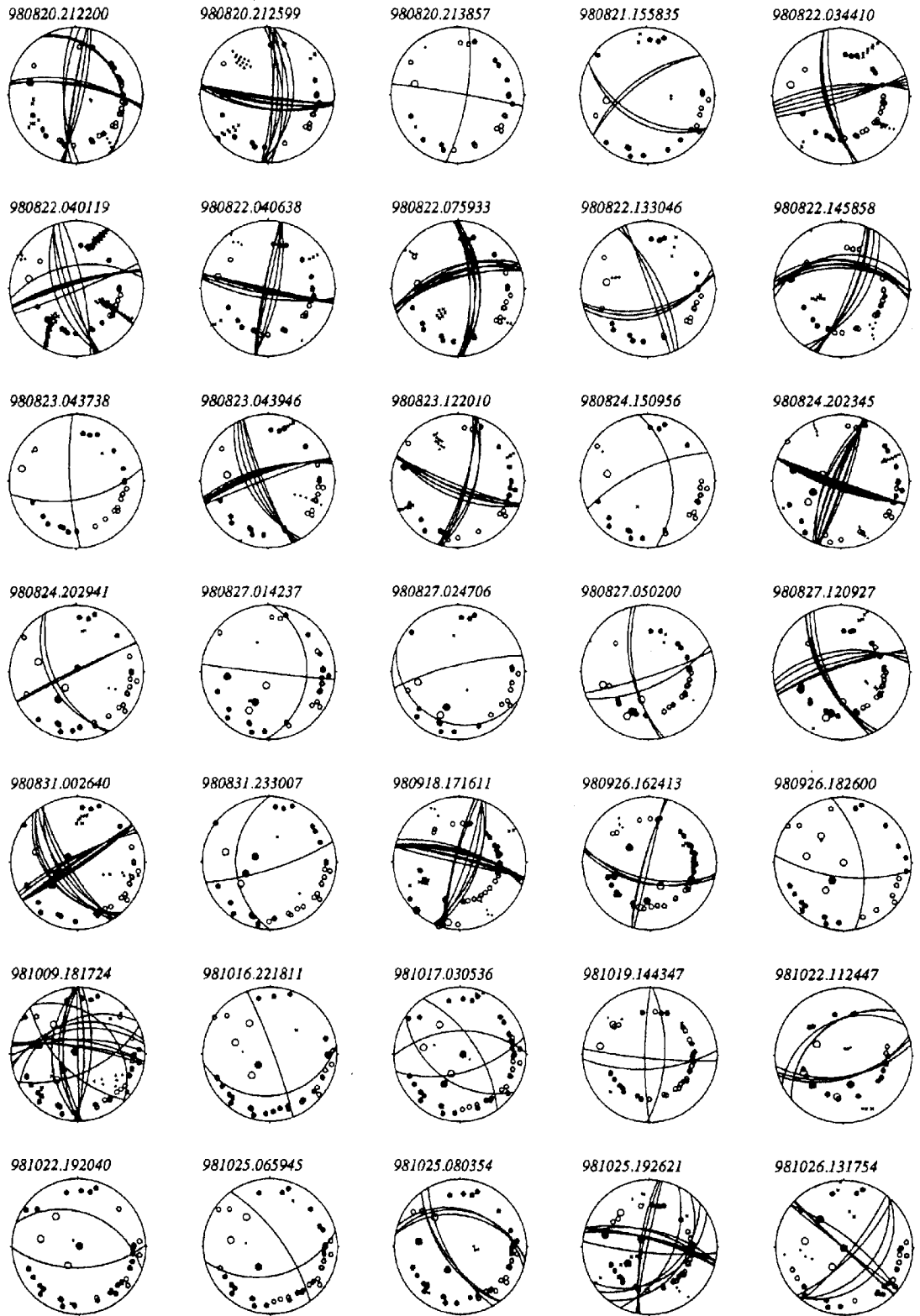


Fig. A1-3, Continue

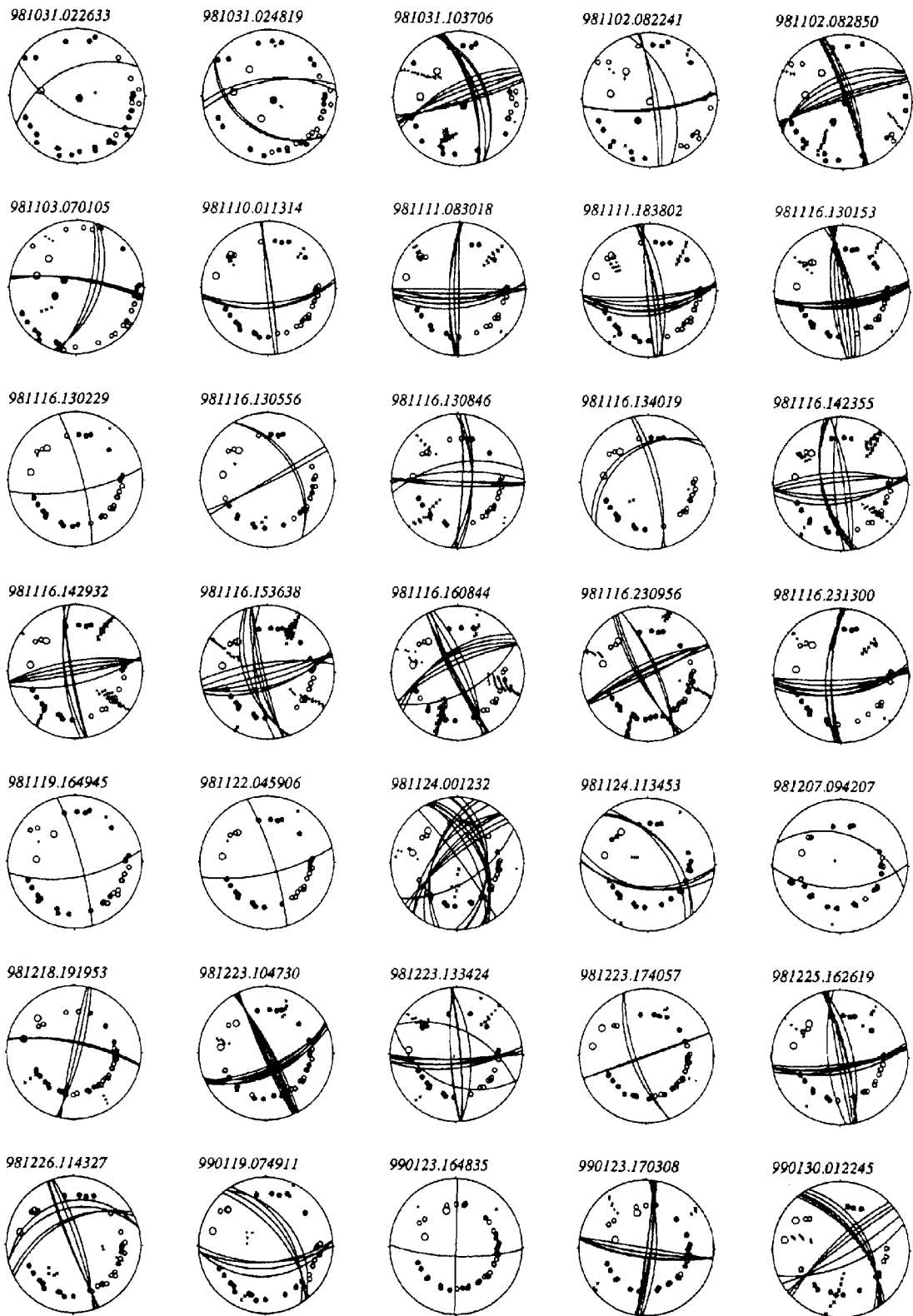


Fig. A1-4. Continue

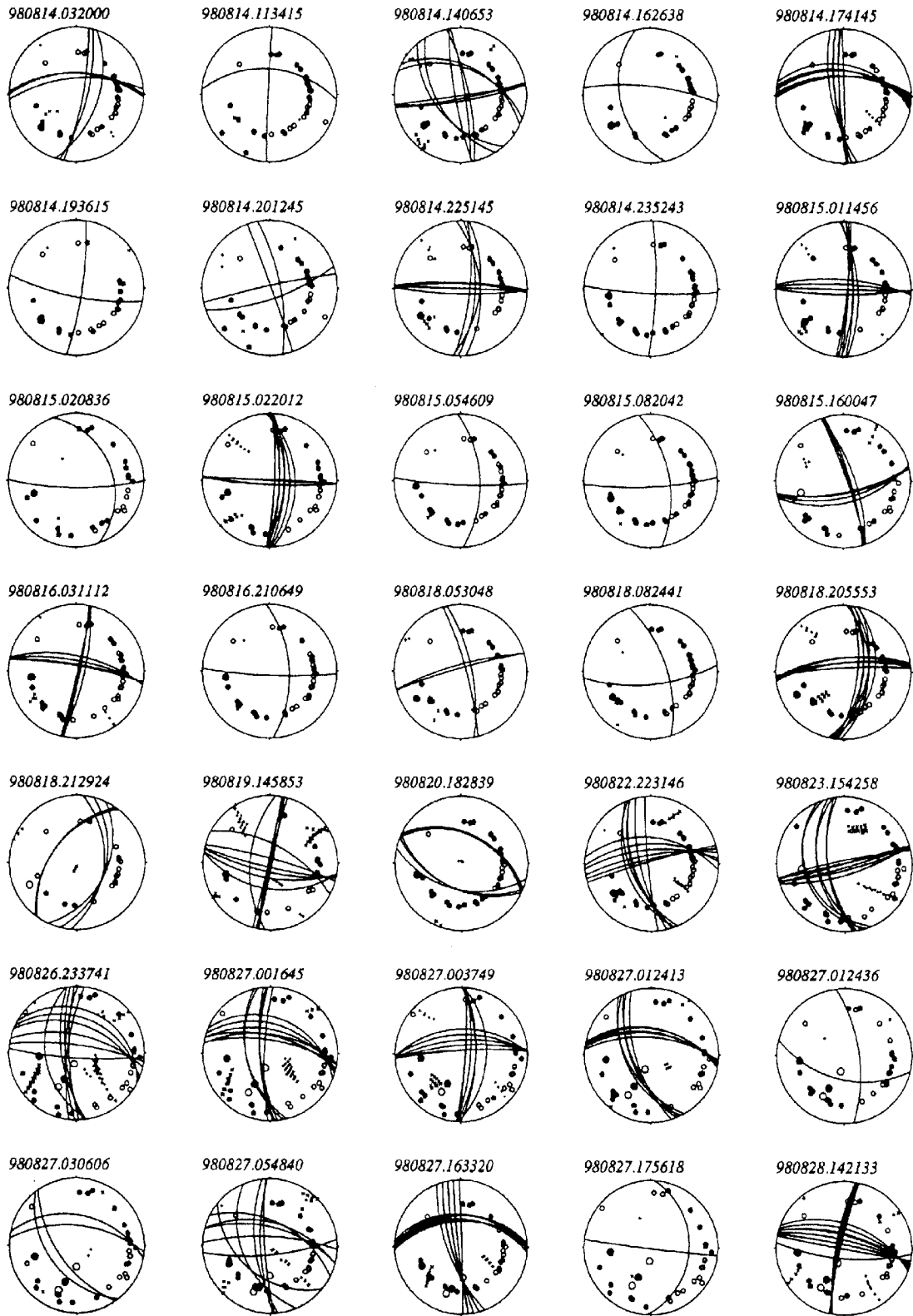


Fig. A2. Focal mechanisms of events near the Hodakadake.

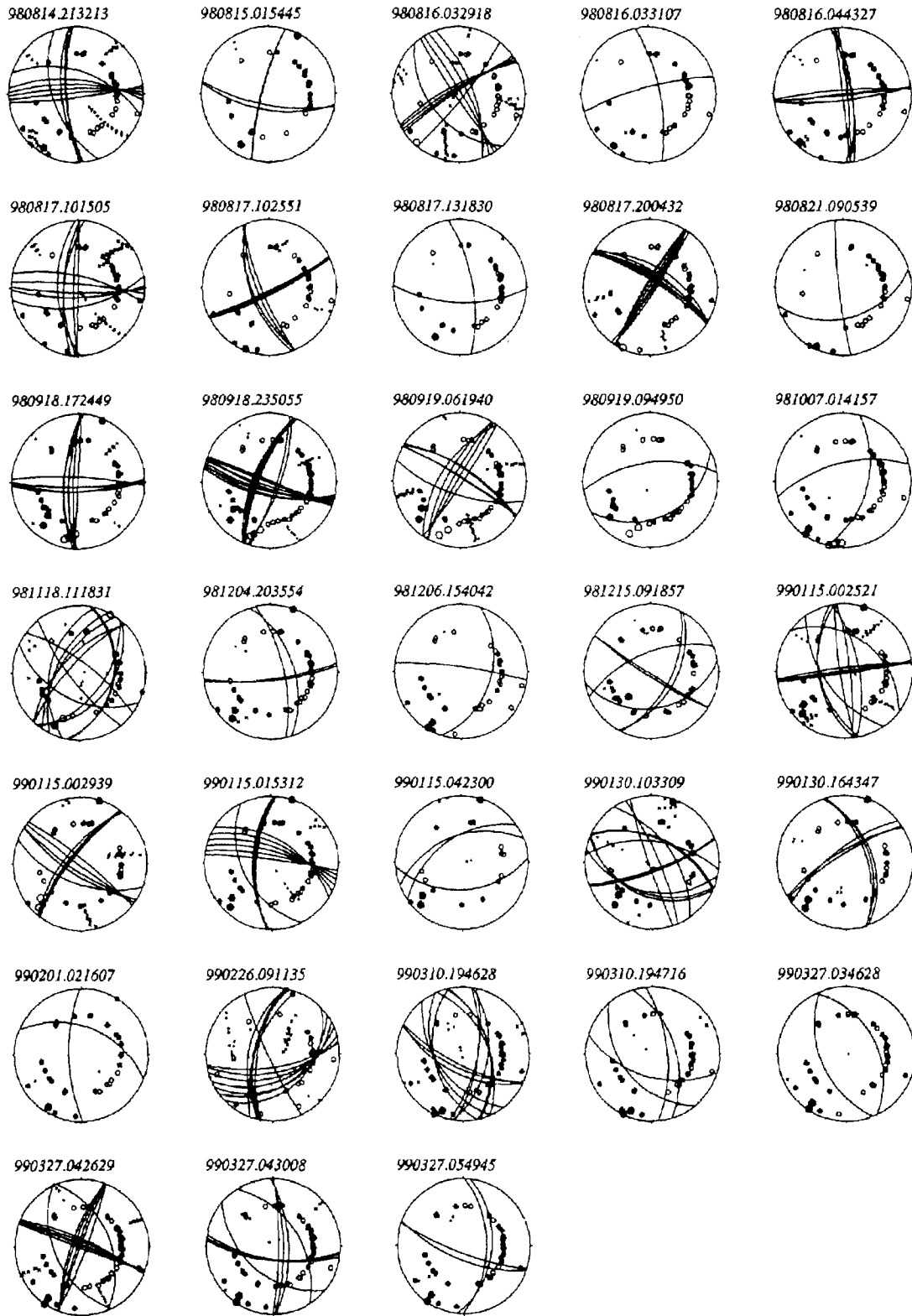


Fig. A3. Focal mechanisms of events near the Yarigatake.

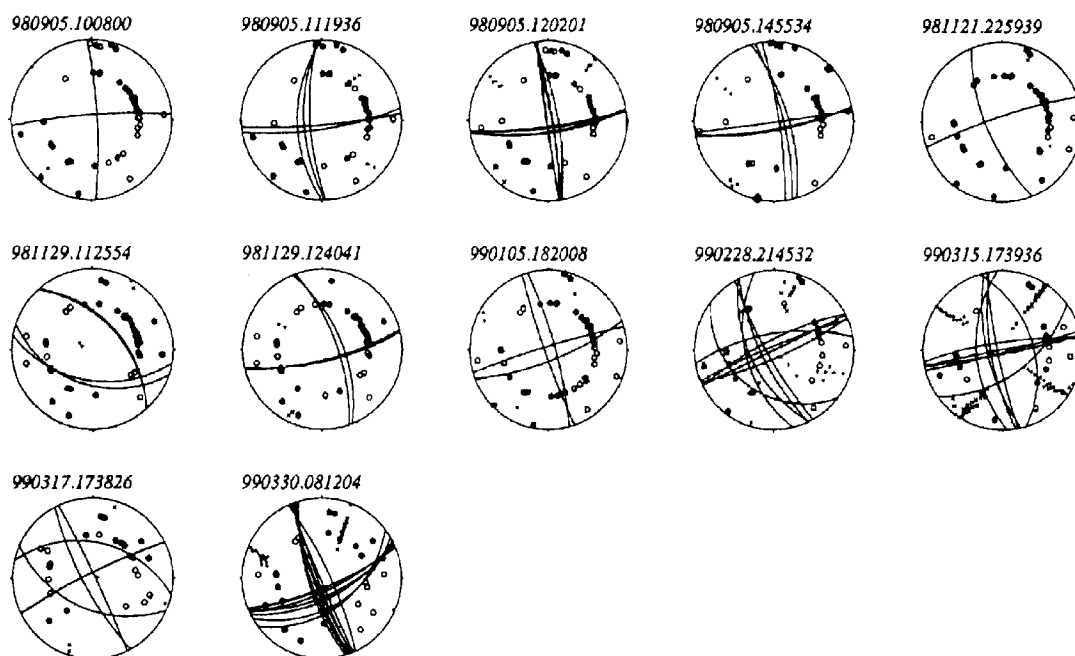


Fig. A4. Focal mechanisms of events near the Noguchi-Gorodake.

1998 Hida Earthquake Swarm

Hiroo WADA, Kiyoshi ITO, Shiro OHMI, Yoshimi IWAOKA*, Naoto IKEDA and Kazuyuki KITADA

* Graduate School of Science and Engineering, Toyama University

Synopsis

An earthquake swarm occurred on August 7, 1998, at the Kamikochi in the Hida Mountain range, central Honshu. The activity continued more than 8 months including a moderate earthquake of M5.4. Some temporary stations were set by use of satellite communication system near the source area, where seismological observation is very difficult because of steep mountains. Together with the data of routinely operated stations, more than 10,000 events have been located at the Kamitakara observatory, Kyoto University for 8 months. The activity migrated 20km from Kamikochi towards north along the Hida Mountains and returned to the beginning area again at an average speed of about 1-2km/day. The focal depths are shallow as less than 7km, concentrating at about 3-5km deep. More than 300 focal mechanisms were determined from the directions of initial motions for events with magnitude as small as 2.0, on account of the dense observation network. Focal mechanisms of most events are strike-slip type with maximum pressure axes in northwest – southeast direction, which is consistent with the global stress in this region. The damage of the earthquake was not very severe, but real time information on the seismic activity was very useful for the measures by local government offices.

Keyword: seismicity, earthquake swarm, migration of earthquake, volcanic earthquake, Yake-dake, Hida mountains