

跡津川断層東部における微小地震活動

－立山カルデラでの臨時地震観測－

京都大学防災研究所

技術室 （上宝観測所） 和田博夫

＊ はじめに

跡津川断層付近における微小地震活動の調査は、上宝観測所（旧上宝地殻変動観測所）が設立されて4年後の1969年から始まった。当初は観測所の一室に地震計を設置していたが、その後、地震計を上宝観測坑道へ持ち込み、高感度の観測を始めた。ここでの観測結果から、周辺地域に多くの微小地震が発生していることが明らかとなった。この結果を考慮して、跡津川断層を囲むように観測網を構築して、現地の方々に記録紙取替えをお願いして、本格的な微小地震観測がスタートした。その結果、この地域の地震活動の特徴として、跡津川断層に沿って線状に地震が発生していること、飛騨山脈に沿って塊状の分布が見られることが明らかとなった。（和田・岸本、1974）その後 NTT の専用回線を利用したテレメータ方式や、衛星通信を利用した方式によってデータが上宝観測所へ集められるようになり、それに伴って、観測点も大幅に増えて、データの質も向上して精度の良い結果が得られるようになった。（図 1） しかし、跡津川断層東部特に立山カルデラ付近は非常に急峻な地形であり、定常的な観測点を設置するには大変厳しい地域であり、観測網の空白域であった。実際にこの地域は一般車の通行は禁止されており、商用電源の確保も難し

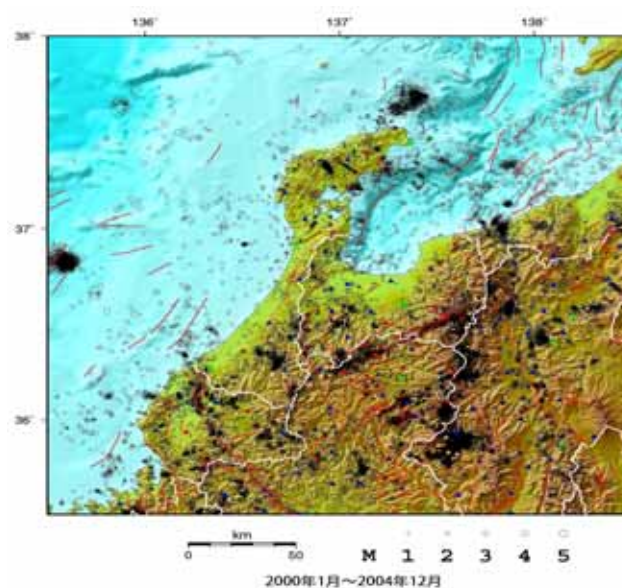


図1 跡津川断層周辺の地震活動の震央分布

いところである。そこで我々は、管轄の国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所及び富山県森林政策課にお願いして通行許可を得て、立山カルデラ内にて臨時地震観測を行った。ここでは、立山カルデラでの臨時地震観測について報告する。

＊ 観測点選定

跡津川断層沿いの地震活動を詳細に見るためには、まず観測点分布が均質であることが必要である。そこでわれわれはこれまでに得られている震央分布、観測点分布を検討しながら観測点の粗い箇所を探した。その結果、中央部については比較的アクセスが可能であるため、多くの観測点が設置されているが、前述のように断層の両端は急峻な山岳地帯であるため殆ど観測点の設置はなされていない。そこで我々は、立山カルデラ及び白山火山付近の二箇所を臨時観測点設置の候補地として準備を始めた。検討した結果、白山東麓の大白川ダムサイトと、立山カルデラ内に設置することに決定した。尚、白山火山付近での観測点設置経過及び観測結果については、和田・他(2003)、和田・他(2006)によって報告されているのでここでは割愛し、2002年から始めた立山カルデラ内での観測について述べる。

立山カルデラは国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所の管轄であるため、当事務所の調査課を訪問して、跡津川断層沿いの地震活動について説明して立山カルデラ内に臨時観測点を設置する必要性を力説した。跡津川断層の存在及び、この断層の動きによって発生した安政の飛越地震(1858年)についての見識は十分であり、また現在当事務所発注の工事がカルデラ内で多く行われており、地震情報の必要性もあって、大きな問題もなく観測点設置の許可を得ることが出来た。また、同時に通行許可証の発行についても手配していただいた。(図2) 観測準備を終えて、カルデラ内に観測点を設置したのが、2002年10月22日である。初めての立山カルデラ入山であり、周囲の風景に感激しながら二箇所に地震計を設置した。通年道路閉鎖は11月中頃と聞いていたが、予想外の早い時期の降雪により撤収前に閉鎖となり、観測機器は越冬することとなった。翌年からは、開通した早い時期から観測を再開して、閉鎖直前までの約4ヶ月観測を継続した。期間中約2週間に一回の頻度でデータ回収、バッテリー交換を行うために入山した。通行許可には、初年度は入山の都度許可証の発行を受けていたが、以降は通年(開通時期～閉鎖時期)の許可証を戴き有効に活用させていただいた。このように多くのご配慮、ご理解をいただいた結果、観測が出来、興味ある結果が得られましたので、報告書としてまとめた段階で、その別刷を届けることで、報告に変えている。この地域は非常に山奥のため、時々図3のような熊、猿に出会う光景も度々あった。



図2 立山カルデラに通ずる道路の通行許可証

＊ 観測点及び使用機器

観測点は、初年度(2002 年)はテスト観測ということもあって、2 点で始めたが、翌年からは3 観測点に増設して観測を継続した。(図 4) 初年度に設置した観測点のうち一点(多枝原観測点)は非常に条件が良かったため、継続することにしたが、他の一点(岩井谷観測点)は谷に近いということもあって、ノイズが大きいため、別の場所に移動することとし、スゴ谷観



図 4 観測点写真(右上:水谷観測点, 左下:多枝原観測点)

使用し、時刻は GPS によって1 時間に一度校正しており、100Hz サンプルングで連続収録している。収録媒体は、最初は IBM 製の Microdrive(1GB)を使用していたが、収録状態に不具合を生じたため、現在は SanDisc の CompactFlash(1GB, 2GB)を使っている。また機器の駆動は、自動車用バッテリー 2 個を用いており、約 20 日は維持できると思われるが、一応2 週間を目途に、データ回収、点検を行っている。観測点諸元、観測期間はまとめて巻末につけている。(表 1、表 2)



図 3 観測点への途中の道路で遭遇した熊・猿

測点、水谷観測点を新たに設置して観測を行っている。(図 5)この地域は昼間は、砂防工事が頻繁に行われており、いずれの観測点もノイズに隠れて地震が確認できないことが多いが、夜間及び祝祭日は非常に静かであり、良好な記録が得られている。(図 6)

次に観測機器について述べる。地震計は、L-4C-3D (MARK PRODUCTS 製、3 成分一体型) 及び、L22D (MARK PRODUCTS 製、3 成分別型) を使用、固有周期は、それぞれ 1 Hz、2 Hz である。データログは、白山工業 (株) 製の LS7000、LS7000XT を

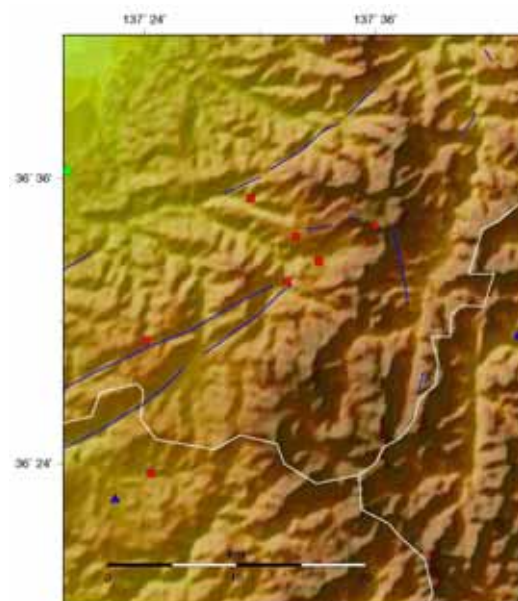


図 5 観測点分布図。(中央の3 観測点が現在継続中の臨時観測点)

＊ データ処理

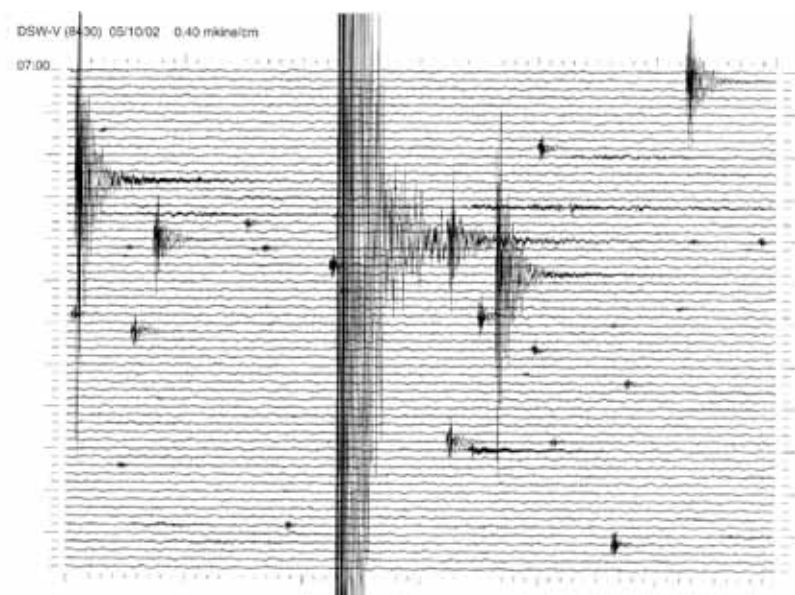


図 6 2005 年 10 月 2 日 07 時の多枝原観測点における
モニター記録

回収してきたデータは一旦、ハードディスクに移したあと作業を行っている。まず最初に、機器の動作状況、地震活動状況を確認するために、各観測点のデータを 1 時間に 1 枚（A4 用紙）モニター出力している。（図 6）この作業によって、定常観測点では確認できないような極微小地震が発生していることも確認されている。次に定常観測点のデータによって再験測された震源データのなかから、立山カルデラ周辺の地震を拾い出して、このデータを基準にして、立山カルデラの臨時観測点のデータを切り出して定常観測点の波形データとマージして、再々験測を行っている。これらのデータを基にして、各種図を作成している。

＊ 観測結果

モニター記録から数えたカルデラ近くの地震と思われる地震の、ある期間の頻度分布を図 7 に示す。この図より、定常観測では見られないような非常に小さな地震が多数発生していることが明らかである。これらの地震の震源決定はされていないが、今後より詳しく記録を調べることによって、どれだけでも多くの地震の震源決定を行い、データ量を増やして詳細な議論が出来ることを期待している。

今回の臨時観測の目的は前述のように、全体で均質なデータを得ることによって、断層構造を調べようとするものであるが、同時に精度が

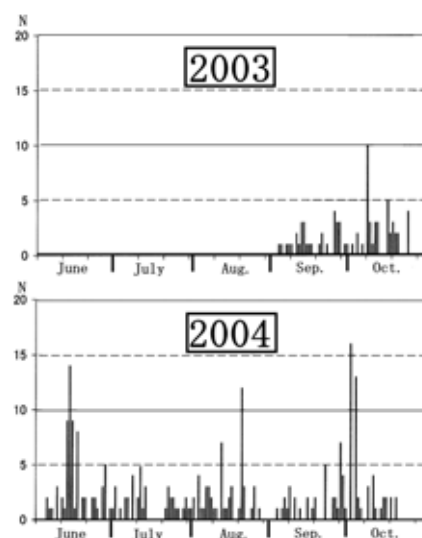


図 7 スゴ谷観測点における
s-p 時間 1' 以下の地震の日
別頻度分布

良いデータを得ることによって、断層東部における跡津川断層と茂住・祐延断層の活動の違いがわかるのではないかと期待もある。最近の地質学の見解として、茂住・祐延断層が立山カルデラまで延びていて、その途中に跡津川断層が衝突しているとの考えもある。(竹内、2006) 図 8 は、上宝観測所において震源決定した地震の震央分布を地形図上に重ねた図である。跡津川断層の東部では、断層の地表面の位置よりも北側つまり茂住・祐延断層に沿って分布しているようにも見えるが、このデータの精度ではより詳しい議論は出来ていない。図 9 は、今回の臨時観測点データを含めて震源再決定したデータを用いて、同じく地形図に重ねて示した震源分布である。実線で示しているのが、活断層の位置であり、北側から茂住・祐延断層、跡津川断層である。再決定された地震の数は少ないが、明らかに茂住・祐延断層の位置に分布していることがわかる。このことは、断層面が傾いている場合、どちらの断層による地震かの区別は出来ないが、地質学的には、この地域では断層面はほぼ垂直であるとの見解があることから(竹内、私信)、これらの地震活動は茂住・祐延断層の活動の可能性が高いと思われ、跡津川断層全体を見た場合、西半分で地震活動が活発であり、東半分では低調ということになる。

次に、跡津川断層沿いの地震の深さ分布を見ると、断層中央部において 15km 程度と深く、両端に向けて浅くなるような分布が明瞭である。

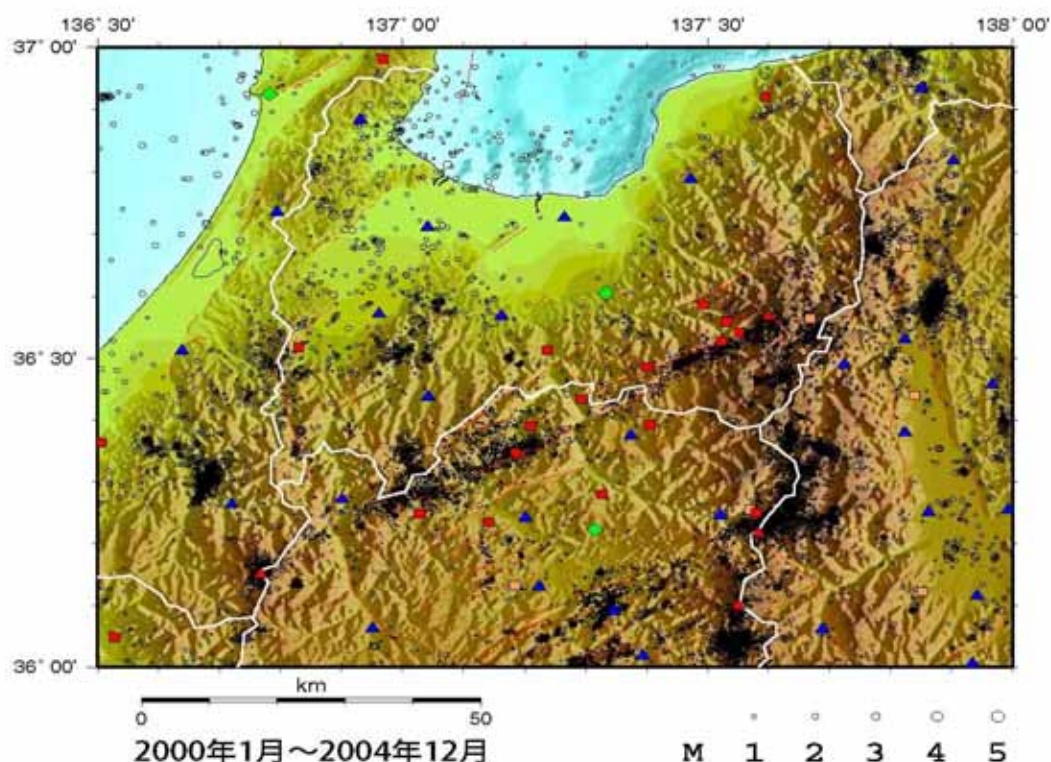


図 8 跡津川断層周辺の地震活動を地形図上に重ねた震央分布
(2000 年 1 月～2004 年 12 月)

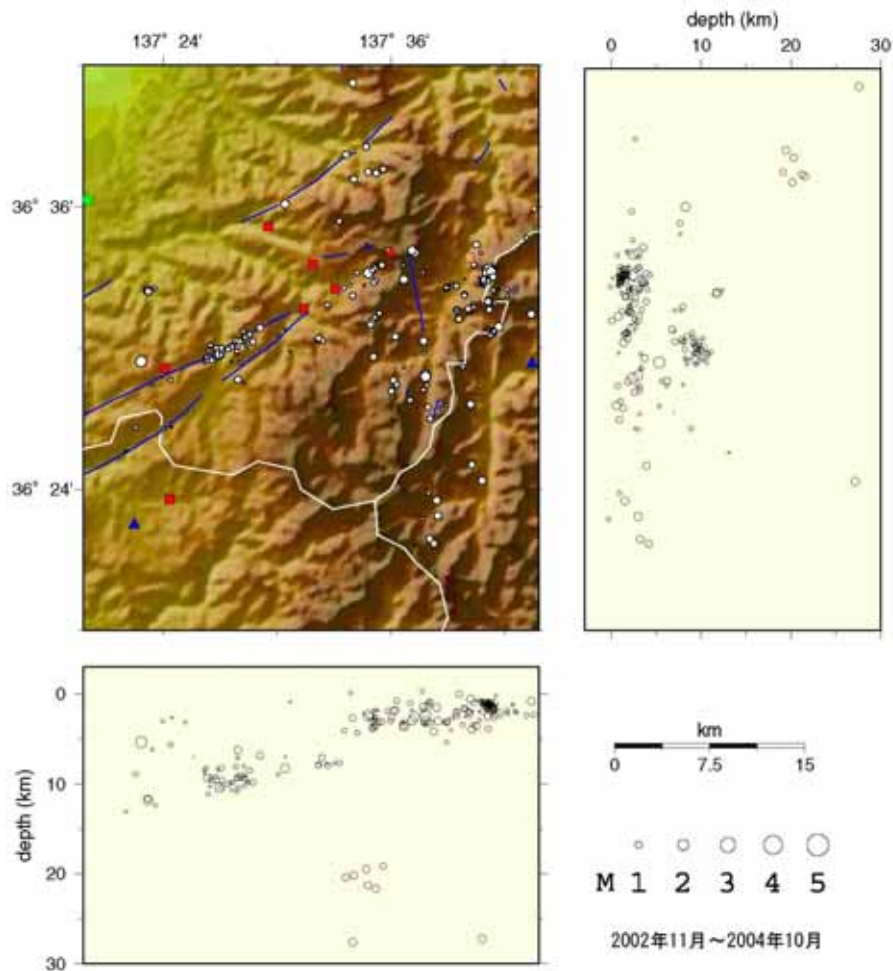


図 9 立山カルデラ付近の地震を，臨時観測点を加えて震源再決定した後の，地形図上に重ねた震源分布

このことは両端に火山が存在することからも矛盾しない。しかし両端は観測点分布が粗い場所であり、精度のことを考えるとあまり詳細な議論はできていない。図 9 の断面図からは、立山カルデラを境にして西側と東側では、10km と 5km と、明らかに深さの違いが見られる。この違いが跡津川断層系の活動と、飛騨山脈の活動の違いなのかも知れない。今後蓄積しているデータの解析によって、データを更に増やしていくことによって明らかになることを期待したい。また、メカニズム解析によって、主圧力軸の方向の違いによって、いずれの地震かの区別が明らかになるものと思う。

＊ まとめ

跡津川断層東部での臨時地震観測によって、地震活動の詳細が明らかになってきた。定常観測点では観測できないような極微小地震が多く発生していることが明瞭になった。またこの地域の微小地震活動が、跡津川断層と茂住・祐延断層のいずれの断層による活動であるかが不明であったが、後者である可能性が大きくなってきた。このことは、今後発生が予想される跡津川断層系の地震の予測に重要な結果を示していると思う。

＊ 謝 辞

立山カルデラ内に地震計設置を許可していただいた国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所の渡部文人元所長、白石吉信副所長、元調査課長渡辺修氏、現調査課長福田光生氏、水谷出張所の西川一所長他多くの方々にお礼申し上げる。観測、データ処理において、地震予知研究センター伊藤 潔教授、大見士朗助手、技術室平野憲雄室長にご指導をいただいた。厚く御礼申しあげる。

＊ 参考文献

和田博夫・岸本兆方、1974、跡津川断層における微小地震活動 第一報、地震 2、第 27 巻。

和田博夫・伊藤 潔・大見士朗・平野憲雄・森下可奈子、2005、立山カルデラにおける微小地震臨時観測、京大防災研年報、第 48 号 B。

竹内 章、2006、跡津川断層系の地表地質構造と活動性について、日本地震学会講演予稿集。

和田博夫・伊藤 潔・大見士朗・平野憲雄、2004、白山火山周辺の微小地震活動、京大防災研年報、第 47 号 B。

和田博夫・伊藤 潔・大見士朗・平野憲雄・平松良浩・中山和正、2006、白山火山付近の顕著な群発地震活動、京大防災研年報、第 49 号 B。

表 1 立山カルデラ内臨時観測点概要

観 測 点 概 要				
Station	多枝原 DASHIWARA	スゴ谷 SUGODANI	水 谷 MIZUTANI	岩井谷 IWAIDANI
Station Code	DSW	SGD	MZT	IWI
Station ID	8430	8436	8433	
Observation Periods	248d	198d	198d	12d
Latitude	36.5375N	36.5278N	36.5590N	36.5008N
Longitude	137.5544E	137.5238E	137.5316E	137.5081E
Height	1,390m	1,120m	1,120m	1,240m
Set Point	堰堤上	側壁構造物上	側壁構造物上	堰堤上

表 2 立山カルデラ内における臨時地震観測期間

観測期間			
年	期 間	観測点	日数
2002	Oct.22～Nov.02	DSW	12
	Oct.22～Nov.03	IWI	13
2003	July 26～Oct.26	DSW	118
	Sep. 03～Oct.26	SGD,MZT	54
2004	June04～Oct.26	DSW,SGD,MZT	145
2005	June04～Oct.30	DSW,SGD,MZT	149
2006	July 04～Nov.04	DSW,SGD,MZT	124