

論文審査の結果の要旨

氏名 青山 裕

本論文では、1998年に飛騨山脈直下で発生した群発地震活動の空間分布・時間分布に注目して、群発地震活動の時空間変化について詳細な解析や、群発地震活動の進展を支配する要因についての詳細な考察が行われている。本論文は5章からなり、第1章は序論、第2章では飛騨山脈直下の群発地震活動の特徴が詳述されている。第3章では、第2章で得られた結果に基づき応力変化が地震活動の時空間変化に及ぼす影響が論じられている。さらに第4章では、群発地震活動の進展の物理機構が考察され、第5章はまとめの章となっている。

3ヶ月間で7000個以上($M \geq 4.0$: 18個)の地震を発生させた飛騨山脈直下の群発地震活動がまず詳細に解析された。きわめて多くの地震の震源位置が精度良く決められただけでなく、比較的大きな地震については発震機構も決められた。この結果、南北約25km・東西約6kmの領域内に4つの震源クラスターを南から北へ順に形成した(南から出現順にC1-C4と名付ける)ことが明らかにされた。震源クラスターは南北方向に延びる低速度域の上部に分布し、クラスターの間には明瞭な活動静穏域の存在(C1-C2間)も認められた。震源域南端の活動開始点近傍では、強弱を繰り返しながら3ヶ月以上地震活動が継続していたことから、長期間にわたって地震を発生させる何らかの入力があったと考えられる。一方、北方の震源域ではM4クラスの地震を含む活動が発生しても、地震活動は数日以内に低レベルに戻り、南端とは活動のパターンが異なっていることも明らかになった。

まず、 $M \geq 4.0$ の18個の地震による応力(Coulomb stress)場変化を時間順に積算し、地震活動の空間分布と応力場変化との関係が調べられた。群発地震のような比較的規模の小さな地震群からなる活動が作る応力場変化はこれまで検討された例がなく、これまでの多くの研究では0.01MPa程度以下の応力変化と地震活動度には相関がないとされている。しかし、0.003MPa程度の応力変化が生じた地点でも新たに地震活動が誘発されており、 $M \geq 1.5$ の地震の69%、 $M \geq 3.5$ では87%の地震が応力上昇した地点で発生していることが本研究により明らかになった。

1998年の活動の震源空間分布は応力場変化に強く支配されていることが上述のように明らかになったが、応力場の解析における時間分解能は、 $M \geq 4.0$ の地震の発生間隔によって制限されるため、地震活動の時間変化を全て応力場の变化から説明することはできな

い。そこで、本研究では、地震活動の時間変化の機構として地下流体の移動と応力腐食破壊の可能性についての定量的な検討が行われた。クラスター C1 近傍には河川及び温泉が分布していることから、地下水が非常に豊富であると考えられる。そこで、C1 近傍の継続的な地震活動は、地下水の流入（増圧）に対応して変化していると考え、地下水の拡散速度と震源の拡大速度の比較が行われた。クラスター C1 での震源域拡大速度に合うように地下水の拡散係数を見積もると、松代や野島断層で行われた注水実験の結果とほぼ同じオーダーになることが確認された。クラスター C2 では、クラスター C1 内の最大地震（ $M=4.5$ ）が発生した約 3 時間後に地震活動が始まり、活動域は南北両方向へ急速に広がっている。この場合、応力擾乱によって新たな地震準備プロセスが始まり 3 時間後に破壊が起きたと考えられる。このような遅れ破壊については、応力腐食破壊が重要な役割を果たしている可能性があり、その効果が定量的に検討された。クラスター C2, C4 は Q 値の小さな地域であることが別の研究から示唆されている。Q 値の小さな地域が高温領域に対応していれば、3 時間という短時間の遅れ破壊も応力腐食破壊により十分に説明可能であると結論づけられている。

本論文において、群発地震の空間分布が地震活動自身の作る応力場変化に対して敏感に反応していることが明らかになった。また、震源域の南部では、地殻内流体が地震活動の支配要因であり、また、北方への飛びによる震源域の拡大は応力擾乱による応力腐食破壊の励起が重要な役割を果たしているということが定量的解析により明らかになった。上に述べたように、本研究は、群発地震についてデータ解析およびモデリングの両面から詳細な検討を行っており、群発地震の発生機構の理解への大きな寄与を行ったものと考えられる。

なお、本論文第 3 章は、武尾実・井出哲との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。