

氏 名	なかむら まもる 中 村 衛
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 1809 号
学位授与の日付	平成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科地球惑星科学専攻
学位論文題目	Investigation of Seismicity Activation Associated with Large Earthquake (大地震にともなう周辺域の地震活動活性化現象に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教授 安藤雅孝 教授 尾池和夫 教授 渡邊 晃

### 論 文 内 容 の 要 旨

1995年兵庫県南部地震(M7.2)の発生直後、周辺域で微小地震活動が活性化した。申請論文は、論文1～5で兵庫県猪名川町の群発地震が起きた地域の地震発生に関連する地殻の微細構造を明らかにし、群発地震発生の原因を解明した。論文6では、地震活動活性化現象を用いて応力変化と地震活動変化との関係を調べた。

論文1では、兵庫県川辺郡猪名川町で発生した群発地震の活動経過を報告している。この群発地震活動は兵庫県南部地震の10時間後から始まった。これは、周辺域で見られた地震活動の活性化現象と同時刻に始まった。広い範囲にわたって同時に地震活動が変化する原因としては、大地震による応力変化の可能性が最も高い。よって申請者は、この群発地震は応力変化によって生じたと結論した。

論文2では、地震波速度異方性を用いて、選択配向した亀裂の量の深さ分布を推定した。解析の結果、群発地震が発生した深さでは異方性の大きさが小さく、地震活動が低調な深さに大きな異方性を持つ領域があることが明らかとなった。異方性の大きさがクラック密度に比例しているとする、地震活動の活発な場所ではクラックが少ないことを意味する。

論文3では、地震波散乱体の3次元分布を調べた。解析結果から、この地域の下部地殻には顕著な散乱体が分布しているのに対し、上部地殻、特に群発地震が発生した深さでは散乱体となるような亀裂が少ないことが明らかになった。

論文2と論文3の結果から、この地域の地下構造は、透水層の上に難透水層がある、いわゆるcap-rock構造を成していることが明らかになった。

論文4では、群発地震発生域における間隙水圧の大きさを推定した。群発地震域内でおこなわれたボーリング調査結果を用いて、地震発生に必要な間隙水圧を推定した。その結果、静水圧の1.7倍以上の間隙水圧が必要であることがわかった。このことは、群発地震の発生には高圧流体が関与していることを示している。

以上のことから、論文5で、兵庫県南部地震直後から始まった猪名川群発地震の発生過程を推定した。cap-rock 構造のために、深部から上昇してきた流体は難透水層にトラップされ、高い間隙圧が保持されてきた。兵庫県南部地震によってせん断応力が増加し、応力状態が破壊条件に達したので、群発地震活動が発生し始めた。以上のことから、cap-rock 構造のような高圧の流体圧が保持される場所であれば群発地震は発生するという興味ある結果が得られた。

論文6では、兵庫県南部地震の余震域周辺における地震活動の変化を応力変化と比較し、応力変化に対する地震活動の変化の様子を調べた。まず、地震直後から群発地震活動が始まった地域では、0.05MPaより小さなせん断応力変化では、地震が発生しないことが明らかになった。また、せん断応力の増加が0.05MPaより大きい時、群発地震活動は発生する。また、以前から定常的な地震活動のあった地域では、せん断応力の増加にともなって地震活動は増加する。一方、せん断応力の低下した地域では、地震活動は変化しない。地震活動の活性化現象は3ヶ月～2年以上継続していることから、破壊が適当な時間差をおいて発生する、いわゆる遅れ破壊が微小地震発生の基本となっていると考えた。そこで、微小地震の発生場における間隙水圧の移動モデルを作成し、遅れ破壊によって観測結果を説明できるかどうかを調べた。その結果、このモデルにより実際の地震活動で見られた特徴が再現されることがわかった。このことは、遅れ破壊が実際に見られる地震活動の応答を生み出している可能性があることを示している。

#### 論文審査の結果の要旨

微小地震活動の変化や群発地震の発生は地殻内応力の増減を示す指標になる可能性がある。1980年代以降、大地震直後の地震活動の活性化現象は、大地震による応力変化と結びつけられて研究が進んできた。しかし、大地震後に周辺域で群発地震活動が始まる理由や、応力変化に対して地震活動がどの程度変化するののかについて明確なことは不明であった。

神戸周辺域では1995年兵庫県南部地震直後から地震活動に大きな変化が現れた。申請者はこの地域で2つの現象に注目し、そのメカニズムを解明した。

一つは兵庫県猪名川町で発生した群発地震である。申請者は、群発地震発生の謎を解明する糸口として、上部地殻のクラック量分布に注目した。申請者は2種類の手法でクラック量を推定している。特に、地震波速度異方性の深さ変化を検出し、これを用いて各深さ毎のクラック量を推定したことは地殻の異方性研究において画期的である。この解析では、S波スプリッティング現象を用いた。これは、異方性媒質を伝わるS波が異なる速度を持つ2つのS波に分離する現象である。上部地殻での異方性の場合、高速度で伝播するS波の振動方向はその地域の水平最大圧縮応力軸と一致することが多い。地殻には、水平最大圧縮応力軸の方向に選択配向した無数のクラックが存在すると考えられているので、この異方性は選択配向したクラックによって生じたと考えられる。つまり、異方性の解析によって、地下の応力場とクラックの量を推定することが可能になる。申請者は、地震活動が地表付近から上部地殻全体にわたって地震が発生していることを利用して異方性の深さ変化を検出することに成功した。その結果、深さ6-8kmに強い異方性の層があることが明らかになった。これまで、地殻内の異方性領域の推定は、震源近傍、震源と観測点の間、そして観測点近傍、といった定性的なものにとどまっていたが、今回の結果によって、異方性

領域は上部地殻内に均質に分布しているのではなく、局所的に集中していることが定量的に示された。このことにより、地震活動とクラック分布とを比較することが可能になり、群発地震発生の謎を解明する糸口となった。

申請者は、地震活動、間隙水圧、クラック分布のデータを用いて、群発地震発生のモデルを構築した。このモデルの特徴は、cap-rock 構造のように高圧の流体圧が保持される場所であれば群発地震は発生する点と言えよう。これは従来の説だけでは地震活動を説明できないことを意味しており、群発地震発生の問題に限らず、微小地震発生の問題に新たな知見を加えた。

もう一つは神戸周辺域の地震活動変化である。これまでにおこなわれた地震活動の活性化現象に関する研究は、せん断応力が増加した地域で地震活動が活性化する、というものであった。地震活動からその地域の応力変化を推定しようとする場合、せん断応力が減少するとき、地震活動の変化の度合いを知る必要がある。本研究では、地震活動が地震前には見られなかった地域と以前から地震活動が活発であった地域とで、兵庫県南部地震による地震活動変化を比較し、応力変化と地震活動変化との関係を導いている。

この論文は、せん断応力が低下した地域で地震活動に変化が見られないという現象が、近畿地方においては一般的に認められることを確実に示した点に特色がある。また、応力の増減に対する地震活動の変化の様子を、間隙水圧と遅れ破壊を導入することによって説明できたことは特筆すべきことである。

以上の点に鑑みて、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成9年1月14日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果、合格と認めた。