

氏名	OPRIS ANCA		
学位の種類	博士（理学）		
学位記番号	博 甲 第 8 5 5 3 号		
学位授与年月日	平成 3 0 年 3 月 2 3 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Remote Seismicity Activation in Japan: Triggering and Decay Characteristics (日本における動的誘発地震活動のトリガーと減衰の特徴)		
主査	筑波大学准教授	博士（理学）	八木 勇治
副査	筑波大学教授	理学博士	久田 健一郎
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	氏家 恒太郎
副査	京都大学大学院准教授	博士（理学）	Bogdan Enescu

論 文 の 要 旨

2011 年東北地方太平洋沖地震後に日本列島で多くの遠隔誘発地震が発生したことが知られており、これらの遠隔誘発地震がなぜ発生したのかについて議論を行うことは、地震カタログの不完全性が障害となり難しかった。遠隔誘発地震の発生メカニズムを理解するには、東北地方太平洋沖地震とその余震による動的・静的応力変化と遠隔誘発地震の関係、また遠隔誘発地震が発生した後にどのように地震活動が変化していくのかをまず明らかにする必要がある。本論文において著者は、今まで詳しく研究されてこなかった遠隔誘発地震の地震活動の推移に着目して研究を行っている。

本論文において著者はまず 2011 年東北地方太平洋沖地震後に静岡県富士山の南側で発生した M6.4 の地震の前震活動と早期余震活動を、防災科学技術研究所が富士山周辺に展開している地震計記録にマッチングフィルター法を適用することによって明らかにしている。この M6.4 の地震は、東北地方太平洋沖地震による静的応力変化によって発生したと考える研究と、動的応力変化によって間隙水圧が変化して発生したと考える研究が存在する。この問題を解決するには、同地域の東北地方太平洋沖地震から M6.4 までの完全に近い地震カタログを構築する必要がある。解析の結果、同地域で発生した 3066 個の地震の同定に成功した。この数は同じ期間と領域で気象庁によって同定された地震数が 218 個であることを踏まえると十分に大きな数と言える。ただし、地震同定に高周波の波形を用いたために、規模の大きな地震のマグニチュードは過小評価されるものとなっている。得られた地震カタログを検討すると、M6.4 の震源域では東北地方太平洋沖地震の動的誘発地震と前震活動は存在していないことが明らかになった。同領域で、東北地方太平洋沖地震による静的応力変化が十分に大きい点を踏まえると、M6.4 の地震は、地震動による動的応力変化の影響を受けていないと考えるのが妥当であると言える。余震の時間減衰を改定大森公式の p 値を用いて評価すると、平均的な値より有意に大きな値つまり、時間減衰が早いことがわかった。M6.4 の震源域は熱流量が高い領域に位置していることを踏まえると、富士山直下のマグマだまりの影響を受けて地下の温度が高いために、応力緩和速度が早かったと考えられる。

著者はさらに 2011 年東北地方太平洋沖地震の地震動によって西南日本で発生した動的誘発地震に着目して研究を行っている。まず、防災科学技術研究所 Hi-net 地震観測網によって観測された地震波形に高周波フィルターを適用して動的誘発地震を特定している。今までは Rayleigh 波によって地震が誘発されると考えら

れてきたが、今回同定した地震は明らかに Love 波によって誘発されたものを含んでいることが明らかになった。Love 波によって誘発された地震が存在することを確認するために、他の巨大地震の地震動による誘発地震も調べ、確かに Love 波で誘発されたことを確認している。本論文では、誘発地震が発生した領域の地震活動の推移を議論するために、誘発地震が発生した複数地点の地震活動を足し合わせることで安定な時間関数を求めている。その結果、活性化した地震活動が数日中に元の状態に戻ったことを明らかにした。これらの誘発地震が発生している領域は、プレート境界周辺、歪みが集中している活断層周辺、地熱地帯に分類できる。プレート境界周辺では動的誘発地震後に静穏化が見られるのに対して、地熱地帯では動的誘発地震後にスワームのような活動が継続していることを明らかにしている。前者は、バースト的な動的誘発地震活動によって単位時間あたりに解放する応力以上の応力が解放されたことにより、元の状態に戻るために静穏化が発生したと考えられる。後者は、地震動による攪乱により流体等の移動が発生し、スワームのような地震活動が発生したと考えられる。また、2016 年熊本地震の余震や動的誘発地震活動の減衰特性を調べている。熱量分布と地域別の余震活動の時間変化を比較すると、熱流量が大きな領域で余震活動の時間減衰が大きく、熱流量が小さな領域で余震活動の時間減衰が小さいことが明らかになった。この結果は、静岡県の M6.4 の地震の解析結果と一致する。

審 査 の 要 旨

本論文は、これまで詳しく研究されてこなかった動的誘発地震による地震活動の変化に着目して研究を行っている点がユニークである。

2011 年東北地方太平洋沖地震後に静岡県の富士山の南側で発生した M6.4 の地震は、火山地域周辺で発生したために、地震動による動的応力変化の影響を受けた流体の移動が地震発生に関わっているのではと考えられてきた。著者は震源域近傍の地震観測網の記録を丹念に調べることで、流体の移動時に観測される前震活動や地震活動領域の移動がないことを突き止めた。この結果は、本地震が東北地方太平洋沖地震の動的応力変化によって引き起こされた地震学的観測事実はないことを示す。

また、今までは Rayleigh 波によって地震が誘発されると考えられてきたが、Love 波によっても地震が誘発されることを示したのは興味深い。一般に、Rayleigh 波は断層に作用する垂直応力を減少させ、断層面の強度を弱化させるために地震を誘発すると考えられてきた。Love 波は主に、断層面に作用するせん断応力の変化をもたらす。本論文の結果は、偶然、Love 波によるせん断応力変化の方向が断層すべりを加速する方向に作用したことが原因と考えられる。地震波形記録を丹念に調べたことにより明らかになった結果であり、評価に値する。

西南日本で誘発地震が発生している領域が、プレート境界周辺、歪みが集中している活断層周辺、地熱地帯に分類できる結果は興味深いものである。特にそれぞれの領域で誘発地震後の地震活動が大きく異なる点は注目に値する。プレート境界周辺で見られる誘発地震後の静穏化が確かであることを地震波形に立ち戻って確認している。この静穏化は、定常的に応力を解放している領域で、東北地方太平洋沖地震の地震動によって発生した誘発地震により一時的に応力の解放レートが高まったことを取り戻す時間として解釈することができる。また、地熱地帯で発生するスワーム的な地震活動は、流体の関与を強く示唆するものである。さらに、誘発地震が活断層周辺で発生している事実も興味深い。これらの結果は、著者が着目した動的誘発地震による地震活動の変化を丹念に調べることでより明らかになった現象であり、この点も評価に値する。

以上から、本論文は、高い学術的価値を有し、博士論文としてふさわしい内容であると判断される。

平成 30 年 1 月 25 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。