

氏名	長 郁 夫 （ちょう いく お）
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2052 号
学位授与の日付	平成 11 年 3 月 23 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	Geometrical and causal relation between the rupture geometry of a mainshock and distribution of the faults of the aftershocks : the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake sequence, Japan (本震の破壊形状と余震が起こる断層面の分布との幾何学的関係および因果関係：1995年兵庫県南部地震) (主査)
論文調査委員	教授 中西 一郎 教授 尾池 和夫 教授 安藤 雅孝

論 文 内 容 の 要 旨

ファジー理論に基づく手法により1995年兵庫県南部地震の本震発生以降5日間の本震域における余震分布から余震が起こる断層面の分布を推定し、余震分布を参考とせずに推定した本震の破壊形状と比較した。その結果、余震が起こる断層のほとんどは本震破壊の端部および折れ曲がり部分の近くに集中し、本震で大きく滑った領域にはほとんど分布していないことが分かった。

ΔCFF の計算により、それらは本震がもたらした静的応力場の変化とも調和的なことが分かった。余震が起こる断層面のクラスターのうち、本震破壊の端あるいは折れ曲がり部分に対応しないものは本震域の北東側浅部にあり、 ΔCFF の分布とも調和しない。

マグニチュードの下限を1.0, 2.0, 3.0に区分したそれぞれのデータセット、本震発生から1時間後まで、本震発生から1日後まで、1日後から2日後まで、2日後から5日後までに区分したそれぞれのデータセットを使用して余震が起こる断層面の分布を推定し結果を比較した。その結果、本震域の北東側および南西側において顕著な相違が確認された。南西側ではM3以上の大きな余震が卓越し、その活動が比較的早期に衰退する。北東側では南西側よりやや遅れて活動がさかんになるが、南西側と比較して長期間活動が持続する。またM3以下の小さな余震が卓越する、

本震の破壊形状から本震域の南西側と北東側はそれぞれ伸張場、圧縮場に対応するといえるので、上記の余震系列の相違は次のように解釈可能である。伸張場では直応力の減少により摩擦が減少し、余震がトリガーされれば大きな余震に発展する。その結果短時間のうちにエネルギーを開放し余震活動は急激に衰退する。圧縮場では逆に直応力の増加により摩擦が増加し、余震がトリガーされても大きな余震に発展しない。しかし、カップルされた間隙弾性効果によりコサイズミックな水圧破壊が発生し、余震がトリガーされやすくなっている。それらのバランスのもとで余震活動が長期間継続する。浅部のクラスターで ΔCFF の分布と調和しないものがあるのは、 ΔCFF の計算で間隙圧の変化を明示的に考慮していないことが原因である。

余震の原因として、本震がもたらした静的応力場の変化によるトリガーと水圧破壊を原因とする強度の変化によるトリガーとの2種類が考えられ、それぞれ本震域の南西側と北東側における余震のトリガー原因に対応する。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者はファジー理論に基づいて1995年兵庫県南部地震の余震断層の分布を推定し、それを独立に求めた本震の3次元

破壊形状と比較し、この地震の場合余震の原因として本震による静的応力場の変化に起因するものと水圧破壊に起因するものとの2種類あることを明らかにした。

本震の破壊形状の推定および余震断層の推定には新しい手法が用いられ、従来の方法と比較して時間的および空間的分解能が格段に向上された。

申請者は本申請論文に先立ち、参考論文として添付された論文で開発した手法を本申請論文の研究に適用し、1995年兵庫県南部地震のより詳細な3次元的破壊形状を求めている。

従来の余震分布と断層破壊形状の比較における大きな問題点は余震発生の時系列をこの比較に取り込むことが出来なかったことである。申請者はファジー理論をこの比較の問題に巧妙に応用することにより、余震発生の時間的情報と空間的情報の両者を余震断層の分布の推定に用いることに成功した。これにより余震が起こる断層のほとんどは本震破壊の端部および折れ曲がり部分の近くに集中し、本震で大きく滑った領域にはほとんど分布していないことが明らかになった。

本震の破壊による静的応力場の変化を表現する量として ΔCFF の計算を行った。もし余震がすべて本震の破壊による応力場の変化によつて誘発されていれば、余震分布はこの ΔCFF の分布と相関するはずである。実際余震分布の中に計算した ΔCFF の分布と相関しない余震断層のクラスターが本震域の北東側浅部に存在することが明らかになった。さらに余震断層の分布を詳細に観察することにより、クラスターの分布にはマグニチュード依存性があることが判明した。具体的には大きな余震断層は本震の南西側に卓越し、 ΔCFF の分布と相関しない北東側の余震はマグニチュードが小さい。またこの規模の小さい北東側の余震クラスターは南西側のものと比較して長期間持続する。

申請者はこの2種類の余震群に対して次のような物理的解釈を与えた。本震の破壊形状から本震域の南西側と北東側はそれぞれ伸張場、圧縮場に対応すると考えられる。伸張場では直応力の減少により摩擦が減少し、余震がトリガーされれば大きな余震に発展する。その結果短時間のうちにエネルギーを開放し、余震活動は急激に衰退する。圧縮場では逆に直応力の増加により摩擦が増加し、余震がトリガーされても大きな余震に発展しない。ところが、カップルされた間隙弾性効果によりコサイズミックな水圧破壊が発生し、余震がトリガーされやすくなっている。それらのバランスのもとで余震活動が長期間継続する。

以上のように申請者は独自の方法により本震による断層の破壊形状の推定および余震断層の推定の精度向上に成功し、余震群の中に種類の異なるものが存在し、その物理的メカニズムを与えるところまで踏み込むことに成功した。これは余震の発生メカニズムの解明に対して重要な貢献をするものであり、博士(理学)の学位を授与するに十分価値あるものと判断される。

なお、平成11年2月2日、主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。