

論文審査の結果の要旨

氏名 寺川 寿子

本論文は6章からなり、第1章はサン・アンドレアス断層の絶対強度の研究の背景、第2章は断層周辺の絶対応力場のシミュレーションに関する研究、第3章は新しく開発したCMTデータから地震発生応力場の推定手法、第4章はサン・アンドレアス断層ビッグバンドセグメント周辺の応力場の推定、第5章では絶対応力場の数値シミュレーション、推定された応力場の特徴から断層の強度に関する議論を行い、第6章で全体をまとめている。

サン・アンドレアス断層(SAF)の絶対強度を知ることは地震発生の物理を理解する上で重要であり、これまで多くの研究があるが、絶対強度に関する定説がない。絶対強度を直接測定することは難しく、地震観測からも応力の絶対値を推定することは困難である。そこで、様々な力学的モデルを仮定してSAF周辺応力場のパターンを解釈することによって、SAFの絶対強度の推定がなされてきた。しかし、これまでの研究では、地殻応力の蓄積メカニズムが正しく表現されていない。本論では、「応力蓄積の根本的な原因はプレート間の力学的相互作用にある」という考えに立って、南カリフォルニアのビッグバンドセグメント(BBS)周辺域を対象に、変位の食い違い理論に基づく絶対応力場の数値モデルを新しく構築して数値シミュレーションを行い、その結果と地震のCMTデータから求めた応力場を比較することによりSAFの絶対強度を推定した。

(絶対応力場の数値シミュレーション)

本論文では、BBS周辺域のテクトニック条件を考慮して、弾性的リソスフェアと粘弾性的アセノスフェアの二層モデルに、BBS付近で屈曲するプレート境界を持つ構造モデルを構築し、変位の食い違い理論に基づいて導出された応力のすべり応答関数(Hashimoto & Matsu'ura, 2000; Fukahata & Matsu'ura, 2005)を用いてBBS周辺域の定常的な絶対応力場を計算した。BBS付近では、プレート境界に垂直なプレート運動成分によって増加する周辺域の応力が一定値に達すると衝上断層群での運動で解消されるとした。この応力場を、3つの独立なモードに分解して地震発生応力場を抽出し、BBS周辺のSAFの絶対強度との関係を分析した。この結果、地震発生応力場の空間パターン、プレート収束運動に伴う応力増分を解消する断層運動の形態、最大水平主圧縮軸の回転が起こる範囲が、絶対強度を推定する上で重要であることが分かった。

(CMT データから地震発生応力場を推定する手法の開発)

本論文で、地震の CMT データから空間的に連続な地震発生応力場を推定するインバージョン解析手法を新しく開発した。連続な応力場を 3 次のスプライン関数の重ね合わせで表現することにより離散化し、線形の観測方程式を得た。これに「応力場は空間的に滑らかに変化する」という先験的拘束条件をベイズの規則で結合し、観測データからの情報と先験的な拘束条件の相対的な重みを超パラメータで調節するベイズ型モデルを構築した。ABIC 最小の規準により最適解を求め、対象領域内の任意の点で空間的に平滑化された応力テンソルの 6 成分の値とその推定誤差を求めた。

(サン・アンドレアス断層ビッグバンドセグメント周辺の応力場の推定)

CMT データインバージョン手法を BBS 周辺域の地震データに適用し、地震発生応力場のパターンを推定した。その結果、(1)発生が期待される地震のタイプは、BBS の近傍ではこれと斜向する衝上断層型、BBS から 50-100km 以内では BBS と平行な衝上断層型、100km 以遠では BBS と斜向する横ずれ断層型である。(2)BBS の南西約 40km にプレート収束運動に起因する応力増分を解消する帯状の領域が存在する。(3)最大水平主圧縮軸の回転は BBS から 55km 以内の領域で生じている、ことが分かった。

(断層の強度)

BBS 周辺域の応力蓄積シミュレーションと CMT データインバージョン解析の結果を比較して、SAF の摩擦係数は約 0.3、脆性破壊領域での平均的な絶対強度は約 140MPa であると推定された。

以上の研究によって、SAF の摩擦係数は、岩石の摩擦実験から得られる標準的な値 (0.6) に比べて有意に小さいことが分かった。しかし、プレート収束運動が生み出す法線応力が高いため、BBS での絶対強度そのものは、これまで多くの研究者が報告してきた値 (10MPa 程度) よりも 1 桁大きいことが示された。この成果は、地球物理学特に地震発生の物理の研究に新たな知見を与えた。

なお、本論文の第 2、3、4 章は、松浦充宏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって数値のモデル定式化、データ解析および論証を行ったもので、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。