

氏名	アッシュ Anshu	ジン Jin
学位(専攻分野)	博士 (理学)	
学位記番号	論理博第 1379 号	
学位授与の日付	平成 12 年 3 月 23 日	
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当	
学位論文題目	Interrelation between Fault Zone Structures and Earthquake Processes-Is the System Scale-Dependent? (断層帯構造と地震過程との関連—システムは規模依存性を示すか)	

論文調査委員 (主査) 教授 安藤雅孝 教授 竹本修三 教授 尾池和夫

論文内容の要旨

地震発生の予測・予知や強震動の予測には震源過程の物理モデルが必要である。このためには地震発生の場の構造と震源過程との関連を知らなければならない。本論文の第 1 部では、コーダ波の励起と減衰との関係を基にリーソスフェアの不均質性について、筆者がこれまでに行ってきた研究について説明している。まず本質的 Q_i^{-1} と散乱 Q_s^{-1} は南カリフォルニア地域に用いた MLTW 法を適用して分離する。次に、 Q_i^{-1} 、 Q_s^{-1} および全 Q^{-1} ($Q^{-1} = Q_i^{-1} + Q_s^{-1}$) とコーダ Q^{-1} との比較を行う。コーダ Q^{-1} は、後方一次散乱を仮定し、米国と日本の 6 カ所の観測結果を用いて求めた。この研究により、一次散乱を仮定して求めたコーダ Q^{-1} は Q_i^{-1} と Q_s^{-1} との中間に位置することがわかった。したがって、コーダ Q_i^{-1} 、 Q_s^{-1} は地球物理学的パラメータとしてそれぞれの地域の物性や構造を表す指標となりうる。本研究では、中国、カリフォルニア、日本のコーダ Q^{-1} と地震活動が時間的、空間的に密接に関連していることを示し、それらに基づき、“クリープモデル”と呼ばれる物理モデルを提案する。このモデルによると、応力集中が発生すると不均質のサイズに応じた大きさの地震が発生する。この地震のマグニチュードを M_c とするとこれがそれぞれの地域の特徴的地震サイズとなる。このモデルは単にコーダ Q^{-1} と地震活動との関係を説明するだけでなく、未解決の問題であったコーダ Q^{-1} と Gutenberg Richter の式の b 値との関連を解く鍵を与える。

第 2 部では、カリフォルニアと日本での小地震と大地震との震源パラメータの自己相似則について述べている。ここでは本研究結果と日本で行われた他の結果とを合わせて、“複合的階層”モデルを提案する。震源パラメータの自己相似則は、地震モーメント 10^{21} dyn・cm 付近の地震で成り立たなくなる。この規模はカリフォルニアで見つけられた M_c に対応する。南カリフォルニアで行われたボアホール地震観測結果は、単一自己相似則が成立しないとする本研究を否定するものではない。本研究で提唱する複合的階層モデルは、大地震にも小地震にも適用できる。関連する研究としては Shimazaki (1986) は地震モーメント $5 \times 10^{24} \sim 10^{28}$ dyn・cm の大地震の解析から、大地震とは地震モーメントは 7.5×10^{25} dyn・cm より大きい地震モーメントは断層の長さ L に比例し、より小さなモーメントの地震は L^3 に比例する、Wesnousky (1999) はカリフォルニア、ニュージーランド、日本の内陸地震の解析から、地震断層のすべりと断層の長さ 20 ~ 30 km を境に自己相似則が成り立たなくなると示した例が挙げられる。さらに岩石実験から Ohnaka and Shen (1999) はミリメートルからセンチメートルサイズでも、特定のサイズ幅でのみ成り立つ自己組織化の関係を見いだしている。

第 3 部では、サイズに依存するスケーリング則を支持するデータについてまとめる。ここでは、大地震と小地震は同じ自己相似則は適用されないとする複合的階層モデルは、数値地震予知の可能性を示すと結論している。

論文審査の結果の要旨

地震発生層の構造と地震の発生機構とを結びつけることは地震学における第一級の課題である。申請者はコーダ Q^{-1} と地震活動との比較研究により、カリフォルニアにおけるコーダ Q^{-1} と特徴的なマグニチュード (M_c) と地震活動との間に相関

があることを見つけた。 M_c は南カリフォルニアでは3~3.5, 中央カリフォルニアでは4~4.5である。これらの観測を通して、一つのモデルが提案されている。つまり、ある地域応力集中が起ると M_c に対応する地震が活発となるとの考えである。このモデルはコーダ Q^{-1} と地震活動との関係を説明するばかりでなく、コーダ Q^{-1} と b 値との関係をも説明できる。南カリフォルニアと中央カリフォルニアでの M_c に対応する地震のサイズは数百メートル程度と考えられる。

本研究ではまずスペクトル比を用いて、Joshua Tree, Landers, Big Bear 地震の余震の震源パラメータを求めた。この結果、地震モーメント 10^{20} dyn・cm 付近、コーナ周波数にして 10 Hz 付近で、自己相似則がくずれることを示した。ここでは、Cajon Pass のボアホール中の地震計で得られた記録の解析結果も用いている。ボアホールのデータによると、 10^{20} dyn・cm より小さな地震ではストレスドロップが小さくなり、自己相似則のくずれ上記の結果と矛盾しない。ただし、ボアホールデータの数は限られている。跡津川断層沿いの 102 個の微小地震の震源パラメータが求められている。ここで Genetic Algorithm 逆問題の手法を用いて、サイト効果と震源パラメータとを同時に決定している。

本研究の結果をまとめると以下ようになる。

(1) 高周波の地震波は表層 300 m 付近で大きく減衰する。

(2) 茂住断層付近の微小地震の応力降下の方が跡津川断層のクリープ部分の応力降下量より小さい。これは、Kanamori and Allen (1986) が繰り返し間隔が長い地震の応力降下量は大きいとした結果と調和的である。最近のトレンチ調査からは、茂住断層の繰り返し間隔は 1 万年オーダーで跡津川断層の数倍に達することが明らかにされている。

(3) 地震モーメントとコーナ周波数との関係を Iio (1986) の結果と併せて検討すると、階段状の変化が生ずることがわかる。地震モーメント (dyn・cm) $10^{25} > M_0 > 5 \times 10^{21}$ の範囲では $M_0 \propto f_c^{-3}$, $5 \times 10^{25} > M_0 > 10^{18}$ の範囲では $M_0 \propto f_c^{-7 \sim 8}$ の関係を持つ。申請者はこの複合的階層関係はバリアモデルと破壊の進行中の動的な効果により説明できるとしている。カリフォルニアの孔内に設置された地震計による記録の詳細な研究は本研究で提唱された複合的階層モデルを否定するものではなく、むしろこれを支持すると考えている。解析に用いられた日本と南カリフォルニアの地震のモーメントの値は、コーダ Q^{-1} と地震活動との関係から見つけられた M_c と調和的であることが明らかにされた。

申請者はこの他の自己相似則の破れについても記述している。これらの例としては、(1) Shimazaki (1986) による地震モーメントと断層の長さの自己相似則が断層の長さ 10-30 km で破れること、(2) Wesnoskiy (1986) による、カリフォルニア、日本、ニュージーランドで断層の長さとの断層面上のすべりの関係が破れること、(3) S 波起源のコーダ波の Q^{-1} は周波数依存性を示し、断層の長さにすると数百メートルと 10-30 km 付近に自己相似則が乱れることなどを挙げている。

これらの結果をまとめると、地震の震源過程は数百メートルと数十キロメートルの 2 つの変換点がある。したがって、これらの重層構造の性質を基に決定論的な破壊過程を構築することができる。今後の議論は必要であるが、地震予知を可能とする考えの基礎となろう。

上記の結果より、博士(理学)の学位論文として価値があるものと認め、論文内容に関する口頭試問平成 12 年 1 月 24 日に行った結果、合格と判断した。