

氏名	グルム ビルゴーレン Gulum Birgoren
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	理博第 2772 号
学位授与の日付	平成 16 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	STRONG MOTION SIMULATION OF THE 1999 EARTHQUAKES IN WESTERN TURKEY: STOCHASTIC GREEN'S FUNCTION TECHNIQUE WITH CHARACTERIZED SOURCE MODEL AND PHASE DEPENDENT SITE RESPONSE (1999年トルコ西部に起こった地震の強震動シミュレーション：特性化震源モデルと位相依存サイト応答を考慮した統計的グリーン関数法)
論文調査委員	(主査) 教授 入倉孝次郎 教授 岡田篤正 助教授 赤松純平

論文内容の要旨

本研究は強震動記録を用いて波形インバージョンにより推定される断層すべり分布に基づいて特性化された震源モデルと時間域での経験的サイト特性の導入により高精度の広帯域強震動シミュレーションの手法の開発を行った。

第一部では、1999年トルコ・Duzce地震のすべり分布が低周波地震動を用いた多重窓線形インバージョンにより推定された。東西に長い断層面における破壊伝播は方向により異なり、破壊開始点の西側では破壊伝播速度はS波速度よりやや小さいが、東側では局地的にS波速度を超えるところがあり、他の研究（例えばBouchon, 2001）と一致する結果が得られた。しかしながら、平均的な破壊速度は東方向もS波速度より小さいことがわかった。この地震の破壊インバージョン結果を参考にして、アスペリティと背景領域からなる特性化震源モデルを想定し経験的グリーン関数法を用いてフォワード・モデリングによる広帯域強震動を計算し、観測記録によく一致する最適モデルの構築を行った。得られた震源モデルの地震モーメントと破壊域総面積および地震モーメントとアスペリティ総面積の関係はこれまでの経験的関係式によく一致した。

第2部では、Meyer-YamadaのWavelet変換を用いて小地震の観測記録から時間領域でのサイト応答特性を推定する方法が開発された。これまでの経験的サイト特性の評価方法は観測記録の振幅スペクトルのインバージョンにより周波数域での振幅特性のみを評価するもので、位相特性は無視されていた。Meyer-YamadaのWavelet変換は各レベルのWavelet係数の積分値がFourier変換から推定される一定幅の周波数域のパワーと一致する性質を有する。この性質を利用して観測記録から震源特性と経路伝播特性を取り除いて得られるサイト特性は振幅のみならず位相も保存される。種々の地震の観測記録から得られる同一点での複数のサイト特性を用いて、各観測点のサイト特性がどの地震にも共通なコヒラントな成分と地震ごとに異なるインコヒラントな成分の足しあわせで表現される。この方法をトルコのDuzce盆地及びその周辺の観測点のデータに適用して位相依存の経験的サイト特性が推定された。岩盤にある観測点のサイト特性は継続時間が短く主としてS波震動からなるのに対し、盆地内の観測点のサイト特性は継続時間が長くかつ盆地端部で生成される表面波など二次的な波動も含むものが得られた。この方法を導入して推定された統計的グリーン関数の有効性は観測された余震記録との比較により検証された。

第3部では経験的サイト特性を考慮した統計的グリーン関数および特性化震源モデルを用いて、1999年Duzce地震及び1999年Kocaeli地震の強震動のシミュレーション結果は実際に観測で得られた強震動と比較すると振幅のみならず位相、継続時間を含めてよく一致することが明らかになった。

論文審査の結果の要旨

本研究は、特定断層地震に対する強震動評価手法の確立を目的として、破壊伝播過程に基づく震源のモデル化および位相

を考慮した経験的サイト特性の推定方法の開発を行った。

特定サイトの強震動予測についてこれまで最も精度が高い方法は経験的グリーン関数法といわれているが、その方法是对象とする震源域近傍に生じた観測記録が必要であるという致命的ともいえる弱点がある。それに代わる方法として開発された統計的グリーン関数法は震源モデルについては経験的グリーン関数法と同じ取り扱いが可能であるが、最も影響の大きいサイト特性の評価について信頼性のある方法が確立されていない。本研究は、観測記録からの経験的サイト特性の推定にMeyer-Yamadaのウェーブレット変換を適用することで精度の高い時間域のサイト特性の評価を求めることにより、統計的グリーン関数法の高度化を成功させた。これらの震源とサイト特性に関する個別的な方法を1999年トルコ、ドゥジュゼ地震と1999年トルコ、コジャエリ地震に適用して強震動のシミュレーションを実施し、観測記録との比較により、これらの方法の有効性を検証している。

第1部では、1999年ドゥジュゼ地震の強震動記録を用いて断層破壊過程を詳細に検討している。解析に用いることのできる震源近傍域の記録は8点と限られているが、多窓波形インバージョンを適用して破壊伝播過程を求め破壊が断層面内を不均質に伝播する模様を明らかにした。発震点から西方向は平均S波速度の80%程度で破壊が伝播し東方向は平均S波速度に極めて近い速度で伝播しており、この結果は破壊伝播の顕著な異方性を示すものとなっている。また局地的には破壊伝播はS波速度を超えることを明らかにしている。しかしながら、経験的グリーン関数法を用いた強震動の評価から、発震点から西方向と東方向で破壊速度が異なるが超S波速度の影響は小さいという重要な結論を導いている。

第2部では経験的サイト特性の評価に関してMeyer-Yamadaのウェーブレット変換を用いて観測記録から直接的に時間域の応答特性を推定する方法の定式化を行った。観測記録を用いた経験的サイト特性の評価はこれまで振幅スペクトルのみで位相スペクトルは無視されていた。そのため、強震動シミュレーションで経験的サイト特性を用いる時位相はランダムとするなど不自然な仮定がなされていた。本研究の方法は振幅のみならず位相も考慮したサイト特性が推定できる極めて新奇性のあるオリジナルなものである。

第3部では震源について第1部の成果、サイト特性について第2部の成果、それらを従来からの統計的グリーン関数法に取り入れて高精度な強震動シミュレーションを行っている。1999年トルコ、ドゥジュゼ地震と1999年トルコ、コジャエリ地震に適用して、シミュレーションされた強震動が広帯域(0.2-10Hz)にわたって観測記録とよく一致することを示した。これらの事実は本研究で提案している方法が特定断層地震に対する強震動評価に有効なことを示している。

参考論文3編は、いずれも強震動予測に関連する重要な研究成果である。これは申請者が幅広い知見を有するとともに、継続的に研究を発展させる力があることを示している。

以上の理由により、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。

また、論文内容とそれに関連した事項についての試問を行った結果、合格と認めた。