

氏 名	三宅 弘 恵
学位(専攻分野)	博士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2617 号
学位授与の日付	平成 15 年 3 月 24 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	Frequency-Dependent Source Heterogeneities for Broadband Ground Motion Simulation (広帯域強震動シミュレーションを目指した震源の周波数依存不均質特性の解明)
論文調査委員	(主 査) 教授 入倉孝次郎 教授 Mori, James J. 教授 岡田 篤 正

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は広帯域強震動シミュレーションの確立を目的として、強震動生成にかかわる不均質震源特性の周波数依存性の解明を3つの異なる方法を用いて試みている。震源における低周波数(<1Hz)と高周波数(>1Hz)の波の励起パターンの解明は震源の物理を理解するため、および地震災害に関係する強震動推定に重要である。

第1の方法では小地震記録を経験的グリーン関数として用いることによって、震源域における強震動生成域の推定がなされた。その結果、強震動の生成は断層面の中でもすべり速度の大きい領域に支配されていることが定量的に証明された。申請者は、この強震動生成領域の面積とすべり継続時間の地震モーメントに対する自己相似性を見出すと共に、幅広い周波数帯域における観測と合成波形の一致度から求められた強震動生成領域が、1Hz以下の低周波数における波形インバージョン結果から抽出されたすべりの大きいアスペリティに相当することを明らかにした。そして広帯域強震動シミュレーションのためには、主に高周波数部分を支配するすべり速度の大きい強震動生成領域と、その周辺を取り巻き主に低周波数を生成するすべり速度の小さい背景領域からなる特性化震源モデルが有効であることが示された。

第2の方法では地震動のスペクトル領域のインバージョンによる震源過程の不均質性の推定がなされる。広帯域波形解析を難しくしている一因として、2Hz付近を境に波形が coherent から incoherent な性質に遷移することが挙げられる。そこでこのような各周波数帯域における地震波の特徴を考慮した震源破壊過程の問題を解くため、重み付き複素スペクトルインバージョンが開発された。この手法は、観測と計算記録に関して振幅スペクトルを合致させ、位相スペクトルに対する合致度を低周波数から高周波数にかけて段階的に緩めるというもので、地震波がもつ性質に則した実用的な手法であると言える。同手法を1989年 Loma Prieta 地震に適用し、アスペリティ内部で低周波すべりが生成され、周辺部に近づくに従ってより高周波すべりが励起される様子を示した。

第3の方法では、低周波数域の波形インバージョンをより高周波数域に拡張する震源インバージョン法が試みられた。ここでは、低周波数波形インバージョンで得られたすべり速度時間関数に、高周波数スペクトルレベルに比例した振幅をもつインパルス的な関数を重ね合わせることで、広帯域強震動のためのすべり速度時間関数が表現される。この方法が1995年兵庫県南部地震に適用され、1-3Hzの周波数帯域で速度波形インバージョンが行われた。広帯域強震動のためのすべり速度時間関数は、低周波数震源モデルで得られた値の約2-3倍の最大すべり速度を持ち、かつ最大すべり速度時刻が早まることが確認された。また、強震動生成のためにはアスペリティ部分において、1Hz付近で効率的に coherent な波の足し合わせが行われる Kostrov 型のすべり速度関数が必要とされると同時に、アスペリティの破壊開始点でより高周波の波を励起するインパルス的なすべり速度関数が必要とされることが分かった。

本論文では、強震動を支配するアスペリティの性質が、面積とすべり継続時間、周波数依存の不均質励起特性、すべり速度時間関数の観点から整理された。上記の結果は、不均質な震源過程はランダムではなく、アスペリティ破壊の成長過程に応じた波の励起に統一的に支配されていることを意味する。

論文審査の結果の要旨

本研究は0.1-10Hzの広帯域強震動をシミュレートする方法論を確立するため、周波数依存の断層破壊過程の解明を行っている。この周波数帯域の強震動は地震のとき構造物の被害に密接に関係しているため、地震の生成の物理学的解明のみならず地震災害の防御のためにも重要である。断層破壊により地震動が生成されるが、震源における低周波数(<1Hz)と高周波数(>1Hz)の波の励起されるところが同じであるかそれとも異なっているかは、いまだ論争中の課題である。

本研究はこの問題の解明のため3つの異なる方法で周波数依存の震源破壊過程の検討を行っている。

第1の方法は経験的グリーン関数法を用いて震源における広帯域強震動の生成域を推定する。ここで得られた強震動生成域が低周波地震動を用いた波形インバージョンで推定されたすべりが大きい領域に対応することが明らかになったことは重要な成果である。強震動生成域は地震モーメントに対して自己相似の関係にあるという極めて興味深い結果が得られている。

第2の方法は重みつき複素スペクトルインバージョン法により、周波数依存の震源過程の推定を行った。本手法の特色は低周波数域ではコヒレントな破壊伝播を想定し、高周波数になるにつれてインコヒレントな破壊伝播を考慮できるように適切な重み関数を設定することにある。それにより低周波数震動のみならず高周波数震動の生成過程の推定に成功した。すべりの大きいアスぺリティにおいて、その中央部では低周波数震動、端部で高周波数震動が生成されるという破壊の動力学的観点から興味深い結果が得られている。

第3の方法は高周波数の生成域を推定するための波形インバージョン法を開発し、広帯域強震動シミュレーションのためのすべり速度時間関数の断層面上の分布の推定を行っている。強震動生成のため低周波数波形インバージョンで得られたすべり速度時間関数に、Kostrov型のインパルス関数を付け加えることにより高周波数震動の生成過程の推定が可能となった。これまでの波形インバージョンは1Hz以下の低周波数地震動記録にしか適用できなかったが、申請者の方法はより高周波数地震動記録を用いてインバージョン解析を可能とする独創的な手法である。その結果、アスぺリティでより高周波数の波が励起されることが明らかとなった。

本研究で試みている3つの方法は震源が有する周波数依存不均質特性を解明する上で重要な新しい手法を提供している。近年得られている良質の震源近傍記録に適用することで、より詳細な震源過程が明らかとなり、新たな震源像が得られることが大いに期待できる。

参考論文計11編は、大地震の震源破壊過程の推定、強震動予測手法の開発、シナリオ地震に基づく強震動シミュレーションなどであり、いずれも広い周波数帯域における震源のモデリングに深く関わ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。論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。