京都大学	博士（　工学　）	氏名	王　寺　秀　介
論文題目	距離減衰式に基づく断層破壊過程を考慮した地震動予測に関する研究		

（論文内容の要旨）

1995 年兵庫県南部地震では，震源断層の破壊伝播方向に振幅の大きな地震動が観測され，これは断層の破壊伝播効果の一つであるディレクティビティ効果の影響であることが指摘されている．この地震以降，地震防災計画の策定や構造物設計用地震動の評価を目的に，将来発生する地震の地震動を予測することが一般的になりつつあるが，ハイブリッド法などのディレクティビティ効果を適確に評価することができる地震動予測手法は，高度な知識と技術が要求されるため，必ずしも実務上優れた方法とは言えない．一方，信頼性の高い地震動予測手法と考えられている距離減衰式は，複雑な震源破壊過程の影響を考慮することができないので，兵庫県南部地震と同様の状況を予測できない．

そこで，本論文では，距離減衰式に断層の破壊伝播効果（ディレクティビティ効果）と放射特性（ラディエーションパターン）を導入することで，簡便で信頼性の高い新しい地震動予測手法を開発した．

第 1 章は序論であり，地震動予測に関する過去の研究を概観すると共に，その問題点を指摘し，本論文の目的について述べている．

第 2 章では，震源特性を考慮した地震動特性値の新しい予測手法を提案している．震源特性の中でも特にディレクティビティ効果について着目し，既往の距離減衰式に断層破壊過程に応じたディレクティビティ効果を導入した．具体的には，等価震源距離が保存する量を単位時間当たりのエネルギー量とし，本来は変位振幅に対する係数である Boore らのディレクティビティ係数を，等価震源距離を求める際の単位時間あたりのエネルギー量に対する重みとすることで，距離減衰式に取り入れる手法を提案した．単純な断層モデルに対して試計算を行った結果，ディレクティビティ係数の効果により，破壊が伝播する方向に対して最大速度で 2 倍程度大きな予測値が得られたが，これは既往の研究成果と整合するものである．本手法を 1995 年兵庫県南部地震に適用した結果，震災の帯と呼ばれる震度 7 の領域は概ね再現できたものの，震度 7 の面積が若干大きい結果が得られた．また，ハイブリッド法の結果と比較したところ，震源断層の近傍ではハイブリッド法によるディレクティビティ効果とよく整合していることが確認された．

第 3 章では，特性化グリーン関数と呼ばれる地震動を評価する新しい波形の概念を提案し，断層破壊によるディレクティビティ効果と放射特性を考慮して地震動の応答スペクトルを予測する新しい手法を開発した．具体的には，断層破壊によって生じる震源特性の影響を，オメガ・スクエア・モデルと等価なスペクトル形状を持つ最も単純な波形（特性化グリーン関数）の重ね合わせで評価し，既往の距離減衰式から求めた応答スペクトル値に掛け合わせることで，震源特性を考慮した地震動の応答スペクトルを予測する．提案手法の特徴は，従来の距離減衰式では考慮できなかった断層破壊過程を規定する破壊開始点やアスペリティ等のミクロ断層パラメータを設定できること，距離減衰式の結果を補正するという手法構成から予測結果が非常に安定していること，である．単純な断層モデルについて試計算を実施した結果，要素断層幅を小

京都大学	博士（　工学　）	氏名	王　寺　秀　介

さくすればするほど，短周期領域まで理論に合致した結果が得られることがわかった．また，同様の計算を従来よく用いられてきた統計的グリーン関数法で実施した結果，短周期領域ではランダムな結果が得られているに過ぎず，長周期領域では各要素波形のランダムネスの影響で理論通り重ね合わされていないことがわかった．横ずれ断層の有馬-高槻断層帯と逆断層の生駒断層帯を対象に，提案手法と統計的グリーン関数法で地震動予測を実施して比較した結果，提案手法の方がディレクティビティ効果を理論どおりに評価しており，より妥当な予測結果が得られることを確認した．さらに，1995 年兵庫県南部地震と 2007 年新潟県中越沖地震のシミュレーションを実施したところ，深層地盤や浅層地盤による増幅効果が特に大きいと考えられる地点を除き，観測記録に合致した結果が得られた．

第４章では，第３章の手法で求められた応答スペクトルと，その計算過程で得られる特性化位相波形を利用して，工学的基盤上における地震動の時刻歴波形を作成した上で，表層地盤の影響を考慮する方法を示した．単純な断層モデルについて試計算を行った結果，ディレクティビティ効果によって生成されるパルス状の地震動を表現できることを確認した．提案手法を 1995 年兵庫県南部地震と 2007 年新潟県中越沖地震に適用し観測記録と比較した結果，地震動の位相特性について観測記録とほぼ一致した結果を得ることができることを確認した．さらに，表層地盤による増幅特性を適切に評価することができ，広帯域にわたって観測記録の応答スペクトルを十分説明できることが確認された．

第５章は結論であり，本論文で得られた成果について要約している．

氏　名	王　寺　秀　介

（論文審査の結果の要旨）

本論文は，信頼性が高い地震動予測手法と考えられている距離減衰式に基づき，これに断層破壊過程の効果を導入することで,信頼性の高い予測結果が安定して得られる新しい地震動予測手法の開発を行ったもので，得られた主な成果は次のとおりである。

１．　Boore 他が提案したディレクティビティ係数を等価震源距離の算定式に組み込むことで，最大速度などの地震動特性値を求める距離減衰式に，破壊伝播効果の影響を導入する手法を示している．ディレクティビティ効果を考慮できる高度な地震動予測手法であるハイブリッド法による結果と比較することにより，提案手法は震源断層の近傍ではハイブリッド法と同等の結果を与えることを確認している．

２．　断層の破壊伝播効果と放射特性を考慮した地震動の応答スペクトルの予測手法を提案している．具体的には，各断層要素から発生する地震波を，オメガ・スクエア・モデルと等価なスペクトル形状を持つ最も単純な波形（特性化グリーン関数）で評価し，これを理論式で重ね合わせることで，地震動の位相特性を表現する波形（特性化位相波形）を作成する．等価震源距離が等しい地点で特性化位相波形の応答スペクトルを平均した値が，距離減衰式から求められる応答スペクトル値と等しいと考えることにより，各地点の特性化位相波形の応答スペクトル値と平均応答スペクトル値の比を，距離減衰式から求めた応答スペクトルに掛け合わせることによって，各地点の応答スペクトル値を予測する．兵庫県南部地震と新潟県中越沖地震に本手法を適用し，地点特性の大きくないところでは観測記録とほぼ合致した結果が得られることを確認している．

３．　特性化グリーン関数に基づく地震動の応答スペクトル予測手法で求められた地震動の応答スペクトルと，その計算過程で得られる特性化位相波形を利用して，工学的基盤上における地震動の時刻歴波形を作成した上で，表層地盤の影響を考慮する方法を示している．新潟県中越沖地震に本手法を適用し，観測記録の位相特性と応答スペクトルを再現できることを確認している．

以上のように，本論文は，比較的簡便に信頼性の高い地震動予測を可能とする手法を新たに開発しており，学術上，実際上寄与するところが少なくない．よって，本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める．また，平成 24 年 1 月 25 日，論文内容とそれに関連した事項について試問を行って,申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し，合格と認めた．