

論文の内容の要旨

論文題目：伝播経路特性の領域分割に着目した不均質減衰構造・
震源特性・サイト増幅特性の推定と地震動予測の高精度化に向けた研究
氏名：友澤 裕介

本研究の目的は、地震動の伝播経路特性の不均質性を考慮して、強震観測記録から不均質減衰構造・震源特性・サイト増幅特性に分離すること、そして、伝播経路特性の不均質性を地震動予測式に適用し予測精度を向上させることである。

将来発生が予想される地震に対して、その地震動特性を高精度に予測することは、耐震設計上重要な課題である。蓄積された強震観測記録から地震動の三つの特性（震源特性、伝播経路特性、サイト増幅特性）を適切に評価することは、地震動評価の高精度化に資するものとなる。

近年、強震観測記録の数は大幅に増加した。これらの観測記録の活用として、Ground Motion Prediction Equations (GMPE) の作成が挙げられる。ただし、観測記録数の増加がGMPE の評価精度の改善に大きく寄与しないことが指摘されている。また、観測記録数やパラメータが増えることと、予測精度が改善することは必ずしも対応しない。これらのことは、従来のGMPE では考慮していない要因が、ばらつきの低減を阻害しているとも考えられる。例えば、本研究で着目する伝播経路特性の空間的な不均質性を適切に考慮していない点である。ここで、本研究で対象とする伝播経路特性の不均質性は、①主に活火山周辺の高減衰帯の影響、②プレート内の伝播による影響の二つとする。伝播経路特性の不均質性を観測記録から適切に推定し、GMPE のモデル化に取り入れることができれば、予測精度の向上に資すると考えられる。

本論文は以下の6章で構成される。

第1章「序論」では、研究の背景と目的、既往研究と提案手法の概要、本論文の構成を述べる。

第2章「領域分割に着目した不均質減衰構造の推定」では、2008年岩手・宮城内陸地震の震源域周辺を対象として、伝播経路特性の領域分割に着目したブロックインバージョン解析手法を提案する。提案手法では、領域分割を予め与えるのではなく、検定を用いて統計的な意味づけに基づく領域分割を推定する。各ブロックが満足すべき有意水準と最小ブロックサイズを決めれば、解く場の不均質性とデータ数に応じた分解能で不均質減衰構造を推定できる手法である。対象領域で均質な減衰構造を仮定する従来のスペクトルインバージョン解析と比較すると、提案手法を用いることで、KiK-net 一関西など周辺に高減衰帯が存在する地点ではサイト増幅特性が大きく、震源特性は小さく評価された。周辺に高減衰帯

が存在する地点の観測記録には、高減衰帯によって比較的大きく減衰した地震波が観測されていると考え、対象領域で均質な Q 値を仮定する解析では、伝播経路特性のモデル化誤差の影響がサイト増幅特性に転嫁され、サイト増幅特性が実際よりも小さく推定されることが考えられる。2008年岩手・宮城内陸地震のように火山帯で発生した地震は、伝播経路特性が複雑であることから、観測記録を震源特性・伝播経路特性・サイト増幅特性に分離する際には、伝播経路特性の適切なモデル化が重要であると結論づけられる。

第3章「大規模領域の不均質減衰構造の推定への拡張」では、2章で構築した領域分割に着目したブロックインバージョン解析を広域の減衰構造の推定へと拡張した。まず、ブロックサイズを大きく設定し広域の不均質減衰構造を求め、徐々に最小ブロックサイズを小さくして、より詳細な不均質減衰構造を推定するように段階的な推定を行う。また、遠方の幾何減衰の違いを考慮し、拘束条件となる基準観測点を複数設定する。得られた不均質減衰構造は、減衰が大きい領域と活火山の位置が概ね対応し、1997年鹿児島県北西部地震の震源域周辺や2005年福岡県西方沖地震の領域の Q 値は、既往研究と概ね整合した。また、推定した震源パラメータは伝播経路特性の不均質性を考慮することで、より既往研究と整合することが分かった。

第4章「プレート形状を考慮した深さ方向の不均質減衰構造の推定への拡張」では、2章、3章で構築した伝播経路特性の水平方向の不均質性の推定手法を深さ方向に拡張した。伝播経路特性のモデル化に関しては、プレート形状を陽に与えた点が既往評価手法との違いである。従来手法のように深さ方向も格子状に分割するモデル化と比較して、プレート形状を陽に与えた本研究のモデル化の方が残差の標準偏差が減少した。伝播経路特性の不均質性を解釈する際に、プレート形状を適切に取込むことで現象説明能力が向上したことを意味している。

第5章「地震動予測の高精度化に向けた検討」では、本研究で推定した不均質減衰構造、震源特性、サイト増幅特性の活用方法を検討する。一つの活用例として、統計的グリーン関数法 SGF への適用が挙げられる。もう一つの活用例は、GMPE への適用である。本研究で論じてきた通り、伝播経路特性の不均質性は、よりローカルに存在する。九州地方を例に、3章で推定した不均質減衰構造を GMPE に取り入れ、地震内誤差と地震間誤差の両方の低減を確認した。

第6章「まとめと今後の課題」では、本研究で得られた知見と今後の課題を整理する。