

# 論文審査の結果の要旨

氏名 武村俊介

本論文は6章からなる。第1章はイントロダクションであり、高周波地震動に影響を及ぼす原因を概観するとともに、主たる原因としての不均質地下構造・地形による地震波散乱に関する観測およびシミュレーション研究、さらに地震波動計算に関する既往研究がまとめられ、本論文の目的、位置づけについて適切に記されている。

続く2つの章では、伝播距離や周波数の増加に伴う高周波 P・S 波の変化に関する観測波形解析結果、及び波動伝播シミュレーション結果がまとめられ、両者の比較に基づいて、媒質のランダム不均質性を表現する地震波速度ゆらぎパラメタの推定が行なわれている。具体的には、横ずれ型発震機構解を有する地震の S 波放射パターンに着目し、1 Hz 以下の低周波数側では理論通りの 4 象限型であるのに対し、2 Hz 以上の高周波数側では周波数や震源距離とともに崩れ、等方的放射パターンに近づいていくことから、伝播経路における高周波数地震動の散乱によるものであることを明らかにした。また、地震波散乱の強度を表す指標として Transverse 成分に染み出す P 波エネルギーの相対強度に着目し、これが周波数とともに増加し、震源距離に対しては 150 km を超えたところから突然増加を始めることから、地殻とマンツルの不均質性に違いがある可能性を明らかにした。いずれも、高密度の地震観測網で得られた膨大な地震波形データを使用した丹念な解析・整理による結果であり、地震波散乱に関する特徴を定量的に抽出したことは、高く評価される。さらに、様々な不均質パラメタを与えて波動伝播シミュレーションを実施し、地震波散乱の特徴と不均質性との関係を明らかにしたとともに、観測事実を最も良く説明するモデルとして、上部・下部地殻、上部マンツルのランダム不均質性のスペクトル、相関距離、揺らぎ強度の最適値を推定した。特に、下部地殻において強い不均質性が推定されたことは、反射法構造探査等の結果と調和的であり、地殻形成過程を議論する上でも大変興味深い結果である。

第4、5章では、観測から抽出された波動伝播の特徴の再現性をより高めるため、媒質の不均質性に加えて地表の複雑な地表面地形による散乱を考慮したシミュレーション手法を開発し、地形効果の評価を行った。まず単純な地形モデルが地震波形に及ぼす影響を定量的に評価し、さらに現実の地形モデルとランダム不均質媒質による地震波散乱の相違を明らかにした。また第2、3章で推定されたランダム不均質性も考慮し、複合した不均質モデルに基づく地震波動伝播シミュレーションにより、観測された波動伝播の特徴と調和的であることを明らかにした。第5章は、既往研究から得られたフィリ

ピン海プレート等の成層モデルを背景の速度構造としてさらに媒質の不均質性と現実の地形を組み込んだシミュレーション結果と、広帯域観測波形との比較である。その結果、特に高周波観測波形の特徴を形作るランダム不均質構造と複雑な地表地形による地震波散乱の特徴を押さえ、これらをともに適切にモデル化することが不可欠であることが示された。これまで、媒質の不均質性や複雑な地形を考慮した波形計算は、それぞれ個別的には実施されてきたが、両者を合わせた波動伝播シミュレーションはほとんど例がなく、本論文によってはじめて実現されたと言っても過言ではない。

第6章では、本論文で明らかになった結論がまとめられている。媒質の不均質性のみならず、複雑な地形もまた高周波地震波動形成に大きく寄与し、さらに両者は地震波散乱に対して異なった働きかけをすることが明らかにされたことは、強震動予測においても重要な知見であり、地震ハザードを正しく評価する上で、地形まで考慮した波動伝播シミュレーションの必要性を示すものである。また、本論文のシミュレーションでもなお観測結果との差が存在することが課題として述べられており、サイト増幅度やメソスケールの不均質性などが影響している可能性が議論されている。このように、本研究で一定の成果が得られたことにより、さらに地震動予測を高精度化する上で今後取り組むべき課題が提起されたという点も評価に値する。本論文では、フォワードで媒質の不均質パラメタの推定が行われたが、本論文の成果に基づき、地形等の影響を正しく評価することで、今後は、ランダム不均質パラメタの空間変化をインバージョンによって推定するなど、地球内部構造研究や地下資源探査への貢献が期待される。

なお第2章は、古村孝志、齋藤竜彦、前田拓人との共同研究、第3章は、古村孝志、前田拓人との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であったと判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。