

# 論文審査の結果の要旨

氏名 池上泰史

本論文は地震動シミュレーションに関する論文として、以下の7章からなる。第1章は、イントロダクションとして、地震動シミュレーションに関する既存の研究を概観し、その問題点、特に海溝型地震による長周期地震動のシミュレーションにかかわる問題点を示し、この研究の背景や目的を述べている。長周期地震動は2003年十勝沖地震で再発見された自然現象であるだけでなく、超高層ビルなど現代的な構造物に大きな影響を与える現象であるため、そのシミュレーションの研究は地球惑星科学として意義深いだけでなく、災害科学への貢献も大きい。

第2章では、本論文で新たに地震動シミュレーションに適用され、大きく発展したボクセル有限要素法について述べられている。有限要素法は差分法などに比べて、自由表面の処理が定式化に自動的に組み込まれているなどの利点がある反面、地震動シミュレーションに代表される大規模数値計算に適用するには不十分な点が多かった。本論文はこの問題をボクセル要素の導入、要素グリッドの可変性、並列計算などにより克服し、有限要素法による地震動シミュレーションへの新たな可能性の道を切り開いた。

第3章では、海溝型地震による長周期地震動の現実的なシミュレーションに欠かすことのできない広帯域減衰特性、地形、海の導入について論じている。特に、長距離を伝播する場合の多い長周期地震動ではその重要性が高い広帯域減衰特性を、剛性比例減衰と質量比例減衰のふたつの定式化を組み合わせることで実現している点は独創的である。また、地形の導入は、自由表面の処理が定式化に自動的に組み込まれている有限要素法の利点を生かす形で行われている。

第4章では、第2章・第3章で提案された地震動のシミュレーション方法が、それによる結果と他の方法で計算された結果を比較することにより検証されている。地震動の時刻歴波形を波動理論に基づく理論計算と比較したり、地震動に含まれる永久変位（地殻変動）や異方性媒質での伝播を解析解と比較している。海の導入の妥当性は、海底面における反射率や反射・透過モードにより検証されている。

第5章では、2次元媒質におけるモデル計算によって、地形や海が地震動に及ぼす影響が評価されている。その結果、伝播経路上の山地の地形や海が、地震動の後続部分にかなり大きな影響を与えることが明らかになっている。また、地形も海も地震動を抑える形の影響を与えているが、海に海底の地形が付け加わると、より強く地震動を抑えることが、はじめて示された。

第6章では、実際に起こった地震に対して地震動シミュレーションが行われ、広帯域減衰特性や地形、海が現実の地震動にどのような影響を及ぼしていたかを、第5章の二次元解析の結果との対比なども行いながら評価している。シミュレーションが行われたのは2004年紀伊半島南東沖地震、2003年十勝沖地震、1906年サンフランシスコ地震の三地震で、中でも2004年紀伊半島南東沖地震の地震動シミュレーションでは、首都圏への長周期地震動の伝播において、南海トラフの付加体が大きな役割を果たしていることがはじめて示された。

第7章では、本論文の結論とともに、今後の課題が述べられている。

以上のように、本論文はボクセル要素などを利用して、地震動シミュレーションに有限要素法を本格的に導入した、はじめての研究である。また、従来の地震動シミュレーションではあまり実現されていなかった広帯域減衰特性・地形・海の効果を、同時に考慮することに成功した。このシミュレーション手法を現実起こった地震に適用し、首都圏への長周期地震動の伝播における付加体の重要性などをはじめて明らかにした。

なお、本論文の2章・4章は瀨瀬一起・藤原広行との共同研究、3章・4章・6章は瀨瀬一起・木村武志・三宅弘恵との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。