

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	木内 亮太
論文題目	New Ground Motion Prediction Equations for Saudi Arabia and their Application to Probabilistic Seismic Hazard Analysis (サウジアラビアにおける地震動予測式の構築と確率論的地震動予測への適用)		
(論文内容の要旨)			
<p>申請者は、最近設置されたサウジアラビア地質調査所の地震観測網のデータを分析して、地震動予測式 (GMPE) を作成した。データの多くは、サウジアラビア国内最大地震を含んだ2009年Harrat Lunayyir群発地震活動のものである。この活発な地震活動は、4万人以上を避難させ、強震動の研究や地震ハザードマップを作成するプロジェクトを開始するきっかけとなった。</p> <p>本論文で申請者は2006年から2016年までのデータを使用した。これには、77の観測点で記録されたマグニチュードが3.0から5.4の225の地震が含まれる。地震波形データのS/N比をチェックし、地震の大きさ (ローカルマグニチュード)、震源距離、および発震機構のパラメータを含む、最大地動加速度 (PGA) および最大地動速度 (PGV) の地震動データベースを形成するために、2761の地震記録が選ばれた。</p> <p>申請者は次に、Mixed Effects Regression法を使用して、サウジアラビアの地震動予測式のモデルパラメータを決定した。地震動予測式の形は、アメリカのNext Generation Attenuation-West 1 and 2で構築されたものに従った。地震の大きさ、震源距離、発震機構、伝播による減衰、およびサイト特性に対する最大地動加速度や最大地動速度の依存性が決定された。たとえば、大きさの異なる地震の地震動を距離の関数としてプロットした場合、同じような傾きを持つが、振幅は異なる。採用した方法は、このような同様の傾向を持つ複数のデータセットのモデルパラメータを決定することに特に適している。観測データと地震動予測式の間に残差について、詳細な統計情報を得ることもできた。</p> <p>観測地震動の大きさは、観測点の揺れ方の大きが大きく影響する。この評価には一般的には地下の地震波速度構造情報が必要であるが、このような情報は現地ではほとんどないため、申請者は別地域で得られている先行研究の、観測地震波のHVスペクトル比と揺れやすさの関係を使って、地震動予測式のサイト増幅項の評価を行ったところ、予測式の観測値との誤差が低減することを確認し、この方法の有効性と、結果的に信頼度の高い地震動予測式を構築することができた。このようにして、申請者は、サウジアラビアの地震波形データに基づいた、地震動予測式を初めて提案した。</p> <p>新しい地震動予測式は、宗教と経済の重要な中心地であるアルメディナ (Al-Madinah) 市地域の小規模な確率論的地震ハザード分析 (PSHA) に使用された。この地域には、多数の火山地帯があり、過去33万年間に102回の火山噴火が確認されている。本論文では、この噴火履歴を、将来起こりうる地震の時間的および空間的パターンを推測するために使用した。地震の最大サイズをM6.5と仮定し、2009年Harrat Lunayyir群発地震群のデータから決定された、地震規模と発生頻度の関係を表すb値を用いると、約3200年の再来間隔を持つ想定地震が設定されることとなった。この震源と発生確率が、地域の確率論的地震ハザードを計算するために使用され、従来の手法による地震ハザードと比較して議論を行っている。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

サウジアラビアの地震ハザードは日本などに比べて高いわけではないが、サウジアラビア西側の紅海付近では地震が発生し、同時にこの地域に多くの大都市が集中しているため、本論文のような地震ハザードの基礎的な研究は重要である。サウジアラビア国内において作成された地震ハザード地図には、これまで、サウジアラビアに特化した地震動予測式ではなく、別地域のデータや世界各地で発生した地震データで作成された地震動予測式が用いられていた。

本論文には、近年構築されたサウジアラビアの強震観測網データを用いて作成された最初の地震動予測式が示されている。これはサウジアラビア国内の地震ハザードを評価するために非常に重要である。

本論文では、構築された地震動予測式を、既往研究の別地域のそれ、例えば、アメリカ西部の地震動予測式 (BSSA14) と比較して検討している。サウジアラビアの地震動予測式は、BSSA14に比して、マグニチュードへの依存度がわずかに弱く、減衰がアメリカ西部よりも小さいことがわかった。またこの傾向は、低周波数の最大地動速度と比較して、高周波数の最大地動加速度で、その差は大きくなることを見出した。マグニチュード依存性が弱いということは、大きな地震の地震動は、BSSA14の結果と比較して小さいと予測される。一方、地域の減衰の値が小さいということは、遠方での地震動が大きくなる。本論文で導いた地震動予測式を使用すると、サウジアラビア国外の地震動予測式を使用して作られた現在の確率論的ハザードマップは変わることになる。

申請者がサウジアラビアの地震動予測式を構築するにあたり、Mixed Effects Regression法を用いたことは高く評価できる。多くのパラメータとその誤差を同時に考慮できるからである。

アルメディナ (Al-Madinah) 地域における確率論的地震ハザード分析には、この地域の特殊性、すなわちこの地域近傍にある頻発する火山活動に関連する地震活動を考慮する新たな仮定をおいたところ、50年以内の2%超過確率 (約2500年の地震再来間隔に相当) で、最大地表加速度と最大地表速度は、それぞれ0.13gと9cm/s になった。これらの値は以前の推定値よりも高く、サウジアラビアの中でも人口の多いこの地域にとっては重要な情報である。

以前の確率論的地震ハザード推定には遠く離れた場所で発生する震源のみが考慮されていた。火山活動を地震活動の尺度として使用するという本論文の方法は新しい考え方であり、確率論的地震ハザード分析にはこれまで明示的に組み込まれたことはない。火山の噴火史を使用して地震の震源を想定する仮定に関する不確実性の問題があるものの、アルメディナ市の近くで発生する可能性のある火山性地震を考慮した点で新規性があると評価できる。

よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として価値があるものと認める。また、令和2年1月15日に、論文の内容および地球物理学の学識に関する試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降