

論文審査の結果の要旨

氏名 早川 俊彦

本論文は5章からなる。第1章は序論である。本研究で扱う長周期地震動、長周期パルスについて述べている。深さ 20 km 以浅の大地震では遠方の堆積平野において、2-15 秒程度のやや長い周期を持つ表面波（長周期地震動）が強く発生し、石油タンク、超高層ビルなどの大型構造物の固有周期に一致するため共振を起こして被害が発生する。長周期地震動の伝播は、波長が数～数十 km の大きな空間スケールの現象であり、その発生・伝播過程は、平野の深部基盤構造の十数～数十 km 程度の3次元形状と関連付けて考えられる。しかし、2004年新潟県中越地震 (M6.8, h=13km) において、東京都新宿周辺の 10km 以内の狭い範囲において、周期 6-7 秒で大振幅の特異なパルス状の長周期地震動（以下、「長周期パルス」と呼ぶ。）が局所的に発生するなど、従来の知見と異なる現象が観測された。このような長周期パルスの強い発生原因究明を目的とすることが述べられている。

第2章は、データ解析であり、上記長周期地震動の伝播を、高密度観測網で記録された地震波形を用いて解析された。その際、従来の K-NET（防災科学技術研究所）観測点 44 点、首都圏強震動総合ネットワーク SK-net143 点の観測網データに加えて、東京ガス（株）の新リアルタイム地震防災システム SUPREME の加速度センサー142 点を統合的に利用することにより、関東平野において合計 329 点という大量のデータを活用したアレイ解析を行っている。この結果、長周期パルスは卓越周期が 6-7 秒の狭い帯域の波群であり、幅 10km、長さ 50km の埼玉県中央部から東京湾にかけて南北に延びる領域で発生・伝播したこと、長周期パルスの位相速度は 1.5～2.2km/s、伝播方向は N120° E～N150° E、そして群速度は 0.5km/s であること、振動方向 (N70E)、が伝播方向にほぼ垂直であり、長周期パルスは分散性の強い Love 波であるとしている。

第3章では、長周期パルスの発生・伝播メカニズムを理解するため、地球シミュレータを用いた大規模3次元波動伝播計算を実施し、2004年新潟県中越地震の長周期地震動と長周期パルスの再現シミュレーションが示されている。構造モデルに、大都市圏大災害軽減化特別プロジェクトにより作成されたもの（「大大特モデル」(田中・他, 2006)）を用いた計算を行ったところ、震源の新潟県中越地方から埼玉県付近までの観測波形はよく再現することができたが、長周期パルス自体は再現できないことが示されている。

そこで、以下の3つの修正案が示される。(1) 直下の基盤面を深くして表面波基本モードを長周期化;(2) 表面波伝播速度の空間変動による焦点効果を強化;(3) 表面波群速度の停留によるエネルギー集中効果 (Airy 相)。これらのモデルについて地震波伝播計算を進め、長周期パルスの再現には(3)の効果が最も重要であり、波長程度の幅(～10km)、深さ 1km 未満の浅い「溝状構造」の存在が、観測された長周期パルス波の時間・空間的な特徴を良く再現することが示された。この溝状構造を大大特モデルに導入したシミュレーションから、最終的に長周期パルスの振幅・継続時間を良く再現することに成功している。ただし、再現された長周期パルスの群速度は観測から求めた値よりも数%程度遅いなど、地震波速度と溝形状の最適化のためには、今後さらに別の地震の観測データ解析と地震波伝播シミュレーションを繰り返し進める必要があることも記されている。

第4章では、作成した地下構造モデルの地質学的解釈「溝状構造は埼玉県中央部において荒川に沿って溝状に分布している沖積層と成田層の一部である」がなされる。

第5章では、長周期パルスの再現性、発生条件についての研究が示される。都心での長周期パルス波は、

2004年新潟県中越地震と2007年新潟県中越沖地震のみで見られており、2007年能登半島地震や2005年宮城県沖の地震など、他の大地震では見られないことが示され、この解釈として、長周期パルス波を作りだす溝状構造に対して、表面波が 20° より大きい角度で入射した場合には、Airy相が強く発達せず、長周期パルス波への成長が起きないためと結論づけられる。

第6章はまとめである。

本研究では、長周期パルスという従来の知見では解釈できない現象を、詳細なデータ解析、数値シミュレーション、地震波動論的考察の3つを駆使し、説明したものであり、地震学に重要な貢献をなすものである。従って、博士（理学）の学位を授与できるものと認める。