

論文審査の結果の要旨

氏名 植 竹 富 一

本論文は6章からなる。第1章は、序論であり、背景・目的、既往研究と本論文の位置づけ、および本論文の構成について述べている。地震動特性は、観測点周辺の地下構造に大きく依存するため、観測点特性の適切な評価が必要である。これまでは、岩盤上に堆積した地盤の一次元応答として主に解釈されてきた。しかし、観測される地震動には、盆地構造など三次元地下構造によって励起された表面波などの二次的な地震波が含まれている。二次的な地震波は、関東平野をはじめとしてこれまで多くの事例が報告されている。盆地内を二・三次元的に伝播するため、その挙動を理解するためには、多数の観測点を用いて構造全体にわたる解析が必要である。このため著者は、現象の理解には中小規模の平野が有利であるとし、数値実験との対比も可能な、神奈川県西部・足柄平野を選定した。

第2章では足柄平野の地学的特徴と強震観測網について述べられている。足柄平野は、相模トラフの陸上延長上にあり、東を大磯丘陵、北を丹沢山地、西を箱根山地に囲まれ、南が相模湾に開いた東西5 km、南北12 km程度の平野である。地下構造が明らかにされており、地震動特性と地下構造との関連が検討可能である。

第3章では、観測データから堆積平野の観測点特性を評価し、そこに含まれる盆地構造で生成された後続波群の影響が把握されている。震源距離700 km以上で発生した5つの大地震の記録を用い、平野西側の岩盤観測点を基準としたフーリエスペクトル比で観測点特性が評価された。周波数0.1 Hz以下の帯域では、全観測点で波形の形状・振幅がほぼ一致する。地震波の波長が平野の規模より長く、盆地構造の影響が少ないためと考えられる。より高周波数側では平野内の観測点では岩盤点に比べて後続波群が成長し振幅も大きくなる。周波数1 Hzで10倍程度の増幅を示す。他の経験的評価手法（水平／上下スペクトル比法、中小地震のS波部分を用いたスペクトルインバージョン）の結果及び、表層地盤におけるS波の一次元応答との比較により、平野部の2 Hz以上では、三

つの経験的評価結果は、ほぼ一致し、基準観測点と同等のS波速度 ($V_s=1.2 \text{ km/s}$) となる地層以浅の一次元応答とも対応していることが明らかとなった。しかし、低周波数側では、盆地の三次元構造により二次的に生成された表面波が影響を与えている。足柄平野では、速度コントラストの大きな $V_s=2.4 \text{ km/s}$ 層と $V_s=1.5 \text{ km/s}$ 層の境界までが閉じた盆地構造になっている。この形状が 0.1 Hz から 0.2 Hz にかけての増幅特性を支配していることが明らかとなった。

第4章では、観測記録を基に盆地構造で生成する二次的な地震波の励起・伝播性状について検討されている。複数の観測点を平面アレイとして用い後続波の伝播性状が把握された。例えば、周波数 $0.1\sim 0.2 \text{ Hz}$ では、鉛直に近い角度で入射するS波に対し、水平動の後続波が平野内を往復し、平野西部で発生した上下動の後続波群が国府津-松田断層を越えて東側の岩盤点に伝播する様子が確認された。また、平野北部の地震により、平野部の観測点で、S波到達以前の上動にSP変換波が観測され、上述の速度コントラストの大きい境界での変換波と推定された。

第5章では、三次元地下構造モデルを用いた数値シミュレーションにより、足柄平野の地下構造、特に構造境界が後続波の励起に与える影響が確認されている。神奈川県西部の地震のシミュレーションにより、平野西側の傾斜境界及び平野東縁の断層の不連続構造により二次的波動が励起され表面波として伝播し、直達波から遅れて後続波群として出現することが確認された。また、平野部分で入射振動方向と直交する成分の後続波の励起が確認された。

第6章は結論で、以上の成果がまとめられている。本論文は、足柄平野での記録の分析と数値シミュレーションによって、観測点特性に及ぼす盆地の三次元効果を把握したものである。盆地の三次元効果は、盆地の形状と地震波の波長に依存し、盆地の幅や深さよりも十分長い波長となる低周波数帯域では、影響は小さく、周波数が高くなると影響が大きい。筆者は、三次元効果が盆地端部で発生した二次的な地震波、主に表面波の盆地内伝播によることを示し、特に盆地端部の形状と地震波速度の遅い表層の把握が重要であると結論した。また、三次元効果は入射波動場に依存するため、地下構造モデルを用いた評価が必要としている。一方、遠距離地震から求めた観測点特性は、平均的な応答を示しているとの新知見を得た。

なお、本論文第3章は、工藤 一嘉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。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。