

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750132

研究課題名(和文) 海底強震観測データを用いた南海トラフ周辺の長周期地震動増幅に関する研究

研究課題名(英文) A study of long-period ocean-bottom motions in the Nankai trough, southwestern Japan

研究代表者

中村 武史 (Nakamura, Takeshi)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地震津波海域観測研究開発センター・技術研究員

研究者番号：40435847

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：大地震時の長周期地震動は、陸域の平野部において観測事例が多く報告されている一方、海底においては、陸上データに対するシミュレーションからこれまで間接的に示唆されているのみであった。本研究では、紀伊半島沖の深海底に設置された多点の地震観測点のデータを解析し、長周期の地震波が海底で大きく増幅し、長時間震動していることを見つけた。さらに、観測データで見られた海底における長周期地震動「海底長周期地震動」の特徴をシミュレーションで再現し、南海トラフ周辺に広がっている軟らかい海洋堆積層の存在が海底長周期地震動の発達に本質的な影響を与えていることを示した。

研究成果の概要(英文)：Long-period ground motions have often been observed in plain and basin areas on land at moderate to large earthquakes. However, the generation and development of such motions in ocean areas have only been suggested indirectly by simulation results reproducing land station data. In this study, we showed observational evidence for "long-period ocean-bottom motions" from strong-motion data in deep seafloor areas around the Nankai trough, southwestern Japan. We also reproduced characteristics of observed long-period ocean-bottom motions with computer simulations of seismic wave propagation. Our simulation results demonstrated that low-velocity oceanic sediment layers around the trough areas significantly contribute to the development of the motions.

研究分野：地震学

キーワード：海底長周期地震動 海底強震動 強震観測 海底観測 波動伝播 差分法 南海トラフ 堆積層

1. 研究開始当初の背景

関東平野や大阪平野などの大規模な平野部において、長い周期の揺れが長時間続く震動、いわゆる長周期地震動がこれまで多く観測されてきた。長周期地震動により、高層ビルや橋梁、オイルタンクなどの大規模構造物が被害を受けることがあり、このような地震動の発達過程や特性を調べることは、地震防災・減災対策の向上を考える上で重要である。海域で大地震が発生した場合では、遠く離れた陸域の大規模平野部でも長周期地震動が観測されることがあり、トラフ軸周辺に広がる海洋堆積層の存在がその発生に大きく寄与していることが先行のシミュレーション研究で示されている。しかし、海域における観測データの解析に基づき、長周期地震動の増幅・伝播を直接的に示した研究報告はなく、海域と陸域との地震波の伝わり方の違いもまだ十分に分かっていない。また、先行のシミュレーション研究では、陸域における地震波観測データの再現を試みているものの、海水や海底地形の影響が十分に考慮されておらず、データの不足から、海域のデータの再現がなされていなかった。

研究代表者は、近年、海水や海底地形の影響を取り入れた3次元差分法シミュレーションコードを開発した。海域における地震波伝播を高精度にシミュレーションできる上、コードはハイブリッド並列化されており、大規模領域の問題に対しても効率的にシミュレーションを実行することが可能である。また、観測データについて、紀伊半島沖の水深1,900-4,400 mの深海底に、地震津波観測監視システム(DONET1)が2011年に完成し、海底に設置された強震計や広帯域地震計などの連続データが入手できるようになった。近地で発生した中規模地震や遠地で発生した大規模地震による海底の波形データが揃っており、海域における長周期地震動の解析や海域と陸域との地震波伝播の比較をすることが可能となった。

2. 研究の目的

本研究では、2011年より深海底の海洋堆積層直上で本格稼働を始めたDONET1の強震計データを収集・整理し、地震波形に含まれる長周期成分の解析を行う。そして、海水や海底地形、付加体の構造を考慮した地震波シミュレーションを行い、観測された長周期成分の波形再現を試みる。

海底観測データとシミュレーション結果の解析により、海洋堆積層における地震波長周期成分の増幅分布を詳細に示し、その増幅過程を明らかにする。増幅した長周期成分は陸域へ伝播するため、増幅過程の解明は、地震動の予測精度向上へつながるであろう。また、本研究のように、海底における強震計の観測データの解析やシミュレーションによ

る研究自体が、海外を含めてほとんど取り組まれておらず、海底における地震波伝播を理解する上で重要であると考えられる。

3. 研究の方法

平成26年度には、対象となる地震について、海洋研究開発機構が運用しているDONET1の強震計のデータベースから、波形データの切り出しを行い、地震の発生場所・深さ・観測点までの伝播方向及び入射角について整理した。同様に、陸上の観測点のデータについて、防災科学技術研究所が運用するK-NET・KiK-netの強震データ及びHi-netの高感度データを整理した。これらのデータを用いて、陸上と海底観測点の振幅値、地震動継続時間の比較を主要な周期帯ごとに行った。

平成27年度には、平成26年度に解析対象とした地震の地震波伝播シミュレーションを行った。シミュレーションでは、研究代表者らが開発した、HOT-FDMコードを使用した。公開されている海洋堆積層周辺の地盤データなどを基に地下構造モデルを作成し、シミュレーションを実行した。地震動の長周期成分が増幅する場所、卓越する周期帯、付加体の厚さとの関係について結果を整理し、成果としてまとめた。

4. 研究成果

2013年に淡路島で発生したMw 5.8の中規模地震(図1)について、陸上と海底観測点の振幅値、地震動継続時間の比較を主要な周期帯ごとに行った。その結果、3秒以上の長周期帯域について、海底観測点では陸上観測点と比べて最大振幅値が数倍大きい値であることが分かった(図2)。このような増幅は、海洋堆積層が厚く広がる海底観測点で特に顕著に見られた。震動の継続時間については、陸上では数10秒程度の継続時間であったが、海底では減衰が小さく、100秒以上にわたって継続していることが分かった(図3)。

観測で見られた長周期成分の伝播の特徴を調べるために、3次元差分法による地震波伝播シミュレーションを行った。シミュレーションでは、既往研究による海洋プレートデータや公開されている堆積層周辺の地盤データ(J-SHIS)を基に3次元地下構造モデルを作成し、入力データとした。

シミュレーションの結果、周期10秒以上の長周期帯域で陸海域の観測データを説明できる波形を合成することができた。加えて、海底観測データで見られた振幅の増幅を再現することができた。周期10-20秒の長周期帯域の波動場について、スナップショットで確認したところ、陸域の大規模平野の他に、南海トラフ周辺で強い振幅を持つ地震動が長時間続いていることが分かった(図4)。この特徴的な地震動は、陸域の平野部で見られ

る堆積層表面波の特徴と良く似ており、表面波が海洋堆積層へ入射後、振幅の増幅や波群の伝播速度が低下する様子を確認することができた。南海トラフ周辺には、低速度の海洋堆積層が厚く広がる海域があり、これらの海域と、スナップショットで見られた地震動分布が良く対応していることが分かった。また、波形の上下動成分については、海水層の存在も長時間の地震動に影響を与えていることが分かった。

以上の解析結果より、海域における地震動長周期成分の増幅や伝播の特徴、増幅過程について示すことができた。また、近地だけでなく遠地の地震波について海底観測点のデータを解析したところ、海洋堆積層の厚さに相関した、増幅の空間的な分布が近地地震の場合と同様に見られることが分かった。本研究で対象とした南海トラフ域では、海底における長周期地震動「海底長周期地震動」が発生し、海洋堆積層や海水層など海域特有の構造がその発生に本質的な影響を与えていることを明らかにした。一方で、短周期側の観測波形とシミュレーション波形の比較から、現状の海域地下構造モデルについて、現実の構造と乖離している海域があることも分かった(図5)。シミュレーションで海底における地震動の再現性をさらに高めるためには、海域地下構造モデルの改善が今後必要であることを示した。

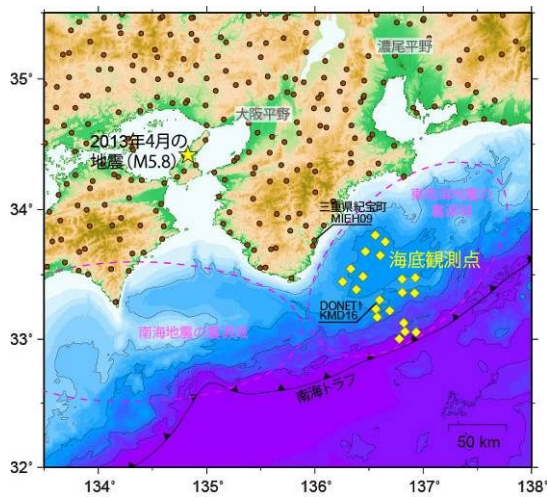


図1: 淡路島で発生した中規模地震の震央(黄色星印)と地震津波観測監視システム(DONET1)の観測点(黄色ダイヤモンド印)の位置。

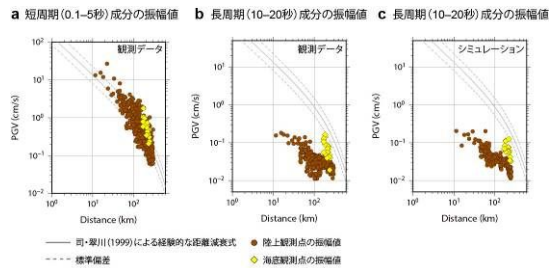


図2: 震源距離に対する陸上(茶色丸印)と海底観測点(黄色ダイヤモンド印)の最大振幅の分布。左から、短周期帯の観測波形の最大振幅、長周期帯の最大振幅、長周期帯のシミュレーション波形の最大振幅の分布を示す。

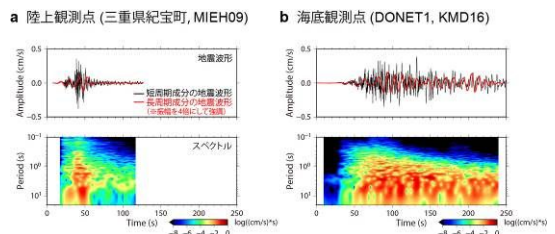


図3: 陸上観測点(左図)と海底観測点(右図)の波形(上パネル)及びスペクトル(下パネル)の違い。

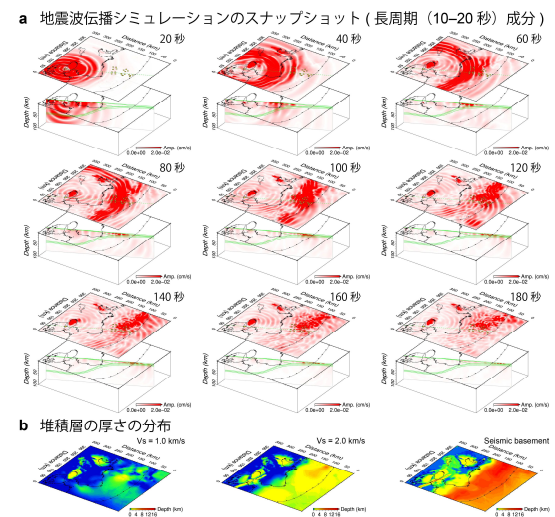


図4: 周期10-20秒の長周期帯域の地震波動場のスナップショット(上パネル)と堆積層の厚さの分布(下パネル)の比較。

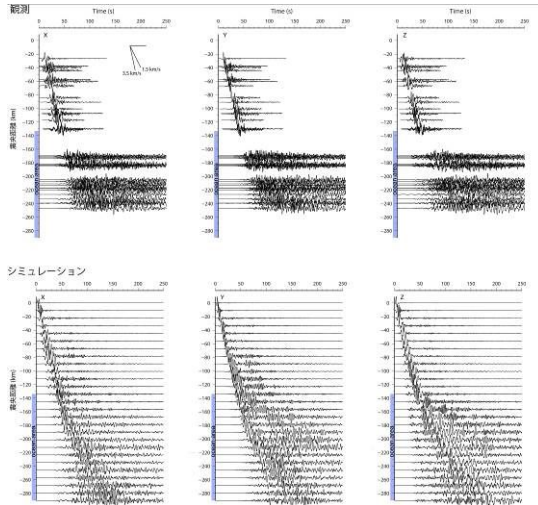


図 5: 周期 2-10 秒の帯域での観測波形（上パネル）とシミュレーション波形（下パネル）の比較。左から、X、Y、Z 成分の波形を示す。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Nakamura, T., H. Takenaka, T. Okamoto, M. Ohori, and S. Tsuboi, Long-period ocean-bottom motions in the source areas of large subduction earthquakes, *Sci. Rep.*, 5, 16648, doi: 10.1038/srep16648, 2015. (査読有り)

〔学会発表〕(計 6 件)

Nakamura, T., T. Okamoto, and H. Takenaka, Complex Seismic Wavefield of Long-Period Components around the Nankai Trough in Southwest Japan and its Effect on Source Mechanism Analyses, AGU 2015 Fall Meeting, Moscone Center, San Francisco, USA, 2015 年 12 月 18 日

中村武史・岡元太郎・竹中博士, 南海トラフ域における長周期地震動成分の伝播特性と震源メカニズム解析に与える影響の評価, 日本地震学会秋季大会, 神戸国際会議場, 兵庫県神戸市, 2015 年 10 月 27 日.

Nakamura, T., H. Takenaka, T. Okamoto, M. Ohori, and S. Tsuboi, Observation and simulation of long-period ground motions in the Nankai Trough, southwest Japan, IUGG2015, Czech Republic Prague Congress Center, Prague, Czech Republic, 2015 年 6 月 28 日.

中村武史・竹中博士・岡元太郎・金田義行, 紀伊半島周辺における陸上及び海底地すべ

りによる波動伝播シミュレーション, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 幕張メッセ, 千葉県千葉市, 2015 年 5 月 26 日.

中村武史・竹中博士・岡元太郎・大堀道広・坪井誠司, 南海トラフにおけるやや長周期地震動の観測とシミュレーションによる再現, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 幕張メッセ, 千葉県千葉市, 2015 年 5 月 25 日.

Nakamura, T., H. Takenaka, T. Okamoto, and Y. Kaneda, Finite-difference modeling of seismic waves at deep seafloor stations deployed around the source area of the Tonankai earthquake, COMPSAFE 2014, Sendai International Center, 宮城県仙台市, 2014 年 4 月 16 日.

〔その他〕
ホームページ等

地震・津波観測監視システム「DONET」で海底における長周期地震動を観測

http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20151130/

http://www.jamstec.go.jp/e/about/press_release/20151130/

南海トラフの海底で長周期地震動を初めて観測

http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/quest/20151130/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 武史 (Nakamura, Takeshi)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地震津波海域観測研究開発センター・技術研究員

研究者番号：40435847