

N-netの地震津波データ活用に向けて

防災科研での最新の地震津波研究の取り組み

南海トラフ海底地震津波観測網(N-net)のハード面の整備が進むのと同時に、そこから得られるデータがどのように活用されるのかが重要である。防災科研では2,100にも及ぶ観測点をもつ陸海統合地震津波火山観測網「MOWLAS」(モウラス)を運用しており、その観測データを用いた研究開発が進められている。ここではN-netの地震津波データの活用を念頭に置いた防災科研の取り組みの一端を紹介する。

防災科研でのMOWLASデータ活用の研究開発

現在防災科研では、運用しているMOWLASの観測データを用いて地震動や津波の即時予測技術や地震発生可能性の長期評価の高度化に貢献する研究開発が進められています。地震動の即時予測技術については、これまで取得困難であった海域の観測データも活用して「揺れ」から「揺れ」を予測する新しいコンセプトの予測技術を開発し、誤報や見逃しの半減を目指しています。加えて、現在十分な対応ができていない長周期地震動などを対象にした予測技術を開発しています。津波の即時予測技術については、

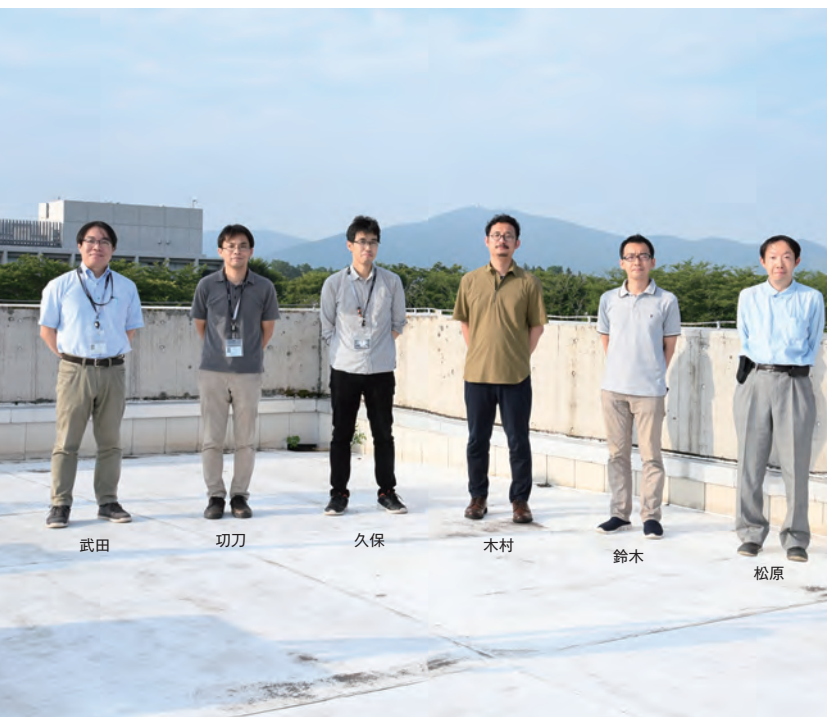
MOWLASにて沖合で捉えられるリアルタイム津波データ等を活用し、迅速かつ確実な津波即時予測と津波被害の推定、津波の成長や収束の予測を実現し、津波の襲来から収束までの津波の一生(全過程)を予測する技術を開発しています。地震の長期評価の高度化については、MOWLASの膨大な観測データや大規模シミュレーション等を活用して、震源断層モデルや地殻活動予測モデル等を進化させた地震発生モデルを構築することによって長期評価を発展させます。

ここでは現在進めている研究開発の一端を紹介するとともに、想定されるN-netのデータ活用に関して述べていきます。

海底での揺れの理解を目指して

海底では地震によってどのように揺れるのか。陸上であれば現地に直接行って調査することができますが、N-netの地震計が設置されるような海底はまだ未開の地であり、海底下の地盤構造は十分にはわかっていません。N-netによる海域リアルタイム地震モニタリングによって、大地震時によりよい地震情報を得られることが期待されますが、その期待を現実のものとするには海底での揺れの実態を観測記録に基づいて解明する必要があります。

そこでN-net整備地域の東隣にある地震・津波観測監視システム



南海トラフ海底地震津波観測網
整備推進本部 戦略推進室長

武田 哲也

地震津波火山ネットワークセンター
研究員

久保 久彦

地震津波火山ネットワークセンター
主任研究員

鈴木 亘

南海トラフ海底地震津波観測網
整備推進本部 システム開発室長

功刀 卓

地震津波火山ネットワークセンター
主任研究員

木村 武志

地震津波火山ネットワークセンター
主任研究員

松原 誠

たけだ・てつや 観測地震学、精密震源決定、博士(理学)。

くぬぎ・たかし 強震動地震学、博士(理学)。

くぼ・ひさひこ 強震動地震学、博士(理学)。

きむら・たけし 地震学、博士(理学)。

すずき・わたる 強震動地震学、津波予測、博士(理学)。

まつばら・まこと 地震学、博士(理学)。

武田

功刀

久保

木村

鈴木

松原

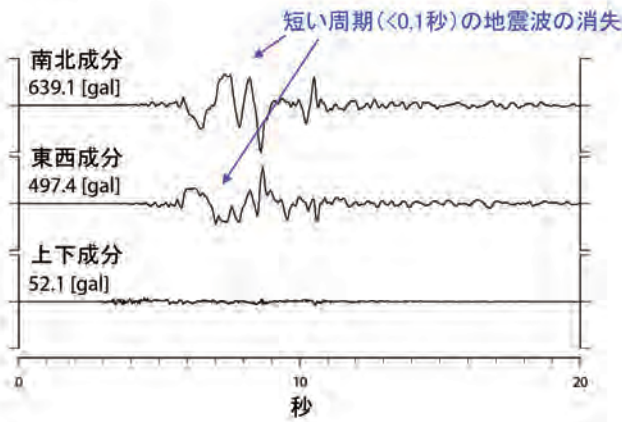


図1 2016年4月1日の三重県南東沖の地震時にDONET KME18で観測された地震波形。南北成分・東西成分における短い周期の地震波の消失という特徴が見られる

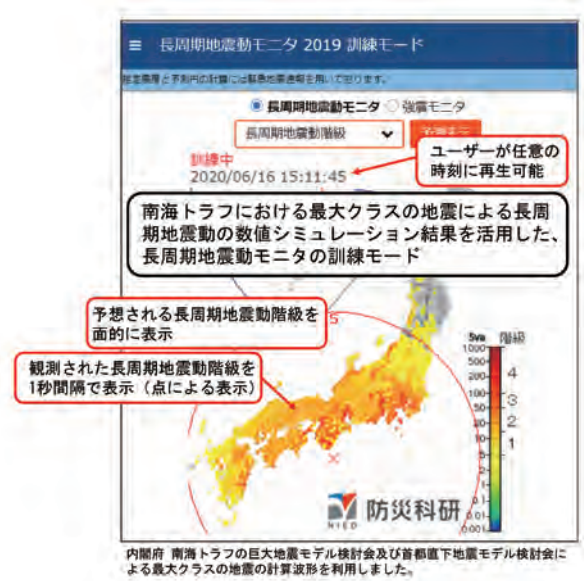


図2 長周期地震動に関するリアルタイムの観測情報と予測情報を一枚の地図上に可視化する長周期地震動モニタ上で表示した、南海トラフ沿いの地震に伴う長周期地震動の数値シミュレーション結果

(DONET) の観測記録について解析を行っています。過去の中小地震時の記録について詳細に調べたところ、陸上と比べて地震による揺れがとて大きく増幅されており、それは海底下の軟弱な地盤構造によって引き起こされていると考えられることがわかりました。その増幅度合いは観測する場所によって大きく異なっており、プレートの沈み込みによる複雑な地下構造が強く影響していることもわかりました。また、DONETの直下において発生した2016年4月1日の三重県南東沖の地震 (M6.5) の際に観測した強い揺れを調べたところ、強い揺れに襲われた海底観測点では地表付近の浅い地盤が液状化したときの典型的な特徴を持つ波形が記録されていたことも確認しました (図1)。

今後は、今回得られた知見に基づい

て、「揺れ」から「揺れ」の予測への海域観測記録の活用を進めていきます。

長周期地震動に関する即時予測情報の社会実装に向けて

南海トラフ沿いで巨大地震が発生すると、大阪平野などに加えて震源から遠く離れた関東平野でも長周期地震動と呼ばれる周期数秒程度の揺れが大きくなることが予想されています。長周期地震動は高層ビルなどの長大構造物に被害を及ぼし、都市部に大きな影響をもたらします。2011年東北地方太平洋沖地震の際、震源から700km以上離れた大阪市内の超高層ビルの最上階 (52階) では揺れが10分以上続き、その大きさは最大1m (片側) を超えるものでした。この揺れにより、ビル内の内装材の破損やエレベータの閉

じ込めなどが発生していますが、現在の緊急地震速報は周期0.5～2.0秒程度の揺れに感度のある震度が対象であり、このような長周期地震動には対応できていません。

防災科研では、長周期地震動の即時予測手法とそれに基づく予測・観測情報の配信システムを新たに開発し、即時予測情報の社会実装を目指した実証実験を気象庁や民間企業・大学等と共同で進めています。実験の中で、大きな長周期地震動をもたらすような大地震の発生頻度が低いためにユーザーによる予測情報の利活用方法の検証などが十分に進められないという課題が改めて確認されました。これを解決するために、南海トラフ沿いの巨大地震による地震動の数値シミュレーション結果を擬似的な観測データとして情報配信システムに取り込み、あたかも巨大

地震が発生しているかのように予測・観測情報を配信する訓練モードの整備を進めています(図2)。さらに、今後のN-netの整備により、南海トラフ沿いの巨大地震に伴う長周期地震動などの揺れの即時予測技術における迅速性や精度の向上が見込まれます。

津波予測のための新たな海底水圧データ解析手法

地震が発生した際に、どこにどのくらいの高さの津波が押し寄せるかを予測するには、大きく分けて2種類の方法があります。1つは今発生している状況が事前に計算して準備しておいた津波データベースのどのパターンに当てはまるかを絞り込んで予測を行う方法(データベース検索方式)で、もう1つは地震により生じた海面の隆起沈降を推定して、それがどのような津波として広がるかをリアルタイムに計算を行う方法(リアルタイム計算方式)

です。データベース検索方式では、一度当てはまるパターンが見つければ即座に津波の影響を評価することができ、広範囲に対する予測や市町村規模の狭い領域の詳細な予測といった計算に時間のかかる予測を迅速に行うことに適しています。一方、リアルタイム計算方式は、実際に生じたと考えられる複雑な海面の変動も考慮できるため、データベースでは想定できなかったパターンであっても正確に予測を行うことができます。計算機や計算技術の進歩により津波伝播計算にかかる時間が短縮できるようになり、リアルタイム計算方式も現実的になってきました。

防災科研では、海底水圧計データを用いたリアルタイム計算方式の予測に向けて、観測データにしばしば見られるノイズの影響を低減して海面の隆起沈降を安定的に自動推定する手法を開発しました。前述の2016年三重

県南東沖の地震では、震源に最も近いDONET観測点での地震直後の水圧波形データに大きなステップ状の変化が見られました。このステップはタイミングや大きさを考慮すると津波や地殻変動に由来するものではなく、機械的なノイズによると考えられます。研究者が時間をかけて丹念にデータ分析を行えばこのようなノイズを取り除いて解析することができますが、即時予測では自動的にノイズの影響を低減する必要があります。そこで新たな手法では、水圧波形の微分(わずかな時間での変化量)データを用いることにより、海面の隆起沈降の推定原理を変え、ステップ状のノイズが解析結果に悪影響を及ぼさないようにしました。この手法で地震直後の海面の隆起沈降を推定すると、ノイズを取り除いた解析結果と同様の信頼性の高い隆起沈降の分布を推定することができました(図3)。防災科研では、こ

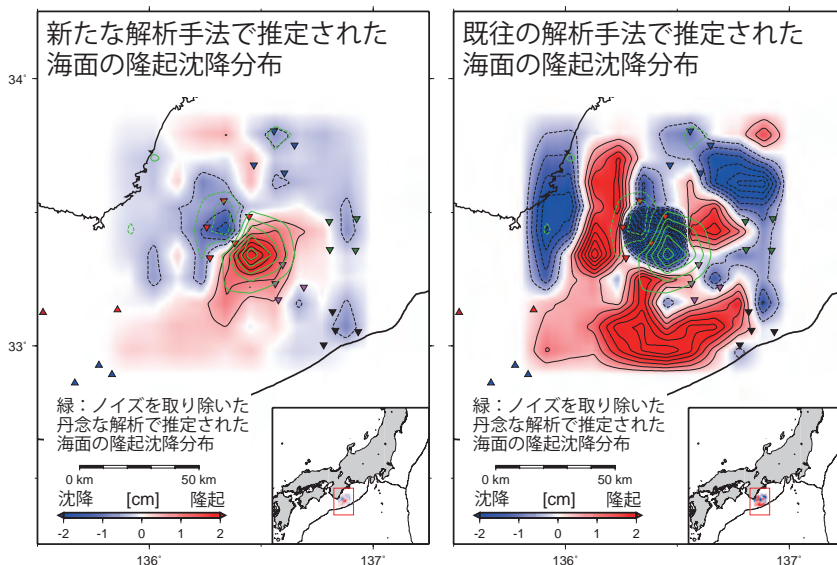


図3 新たな解析手法(左図)と既往の解析手法(右図)で推定された三重県南東沖の地震の海面の隆起沈降分布の比較。新たな解析手法による隆起沈降量の等高線が丹念な解析による緑の等高線とよく似ているのがわかる(左図)

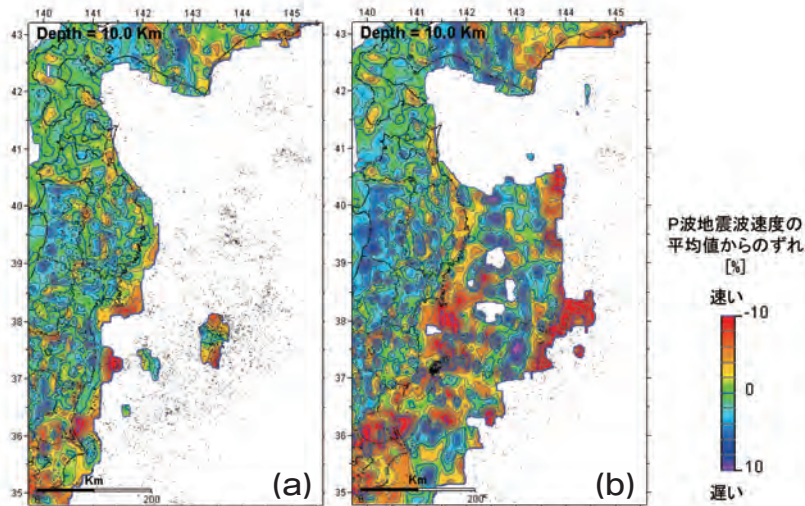


図4 深さ10kmのP波地震波速度の平均値からのずれを表す。(a)陸域の観測網データのみで推定した速度構造。(b)S-netのデータも加えて推定した速度構造。東北地方の太平洋沖の海域部まで速度構造が推定できている

の新たな解析手法を取り入れて、日本海溝海底地震津波観測網 (S-net) の水圧データから海面の隆起沈降を自動推定し、高速計算に適したGPUを利用して東日本太平洋沿岸での津波波高分布や概観的な津波浸水をリアルタイム計算する予測システムを構築して稼働しています。さらにこの予測システムの南海トラフ域への展開のため、DONETデータを用いたシステムの検証を行っており、今後のN-netデータへの拡張も視野に入れています。

また防災科研ではデータベース検索方式の予測システムの整備も進めています。南海トラフ地震による津波は広範囲に影響を及ぼすことが懸念されるため、発生時には速やかに津波の状況を俯瞰的に把握することが重要です。海底観測網の水圧データを用いた南海トラフ地震津波の即時予測に向けて、N-netデータの取り込みも踏まえて、九州～中部地方の太平洋沿岸や瀬戸内海地域について沿岸での津波の高さや陸域への浸水深を90mメッシュで計算した概観的な津波データベースを構築

しました。今後このデータベースを活用し南海トラフ地域を概観した即時予測の実現を図っていきます。

南海トラフ沿いの巨大地震を引き起こすプレートの構造解明に向けて

日本列島は2枚の大陸プレートの下に2枚の海洋プレートが沈み込む非常に複雑な構造の上に位置しています。南海トラフからはフィリピン海プレートが沈み込んでおり、将来南海トラフ沿いの巨大地震の発生が予想されます。地震研究の基本データとなる震源位置を精度良く決めるには、地震波が伝わる速度の分布を三次元的に調べることが必要です。地震波トモグラフィ法は、医療分野でのCTスキャンのように、地震波を使って地球内部の構造を三次元的に推定する手法です。多くの地震と多くの観測点を組み合わせることにより三次元地震波速度構造(3D構造)を推定できます。防災科研は約800カ所の陸上観測点を運用しており、捉えられた地震波の到

達時刻データを使うことにより日本列島下の3D構造モデルの構築が可能となりました。さらに2011年東北地方太平洋沖地震の後に構築したS-netのデータを使うことにより、これまで十分にわからなかった東北地方の太平洋沖の3D構造の推定が可能となりました(図4)。

南海トラフ周辺海域の観測点はまだ限られているため、海域下の3D構造の解明は十分進んでいませんでしたが、今後N-netが構築されてそのデータを活用することにより、南海トラフ沿いのフィリピン海プレートの3D構造が明らかとなり、詳細な震源情報から地震発生メカニズムの解明につながることを期待されます。

これらの研究開発は、将来的に気象庁での現業活用、自治体での利活用、地震調査研究推進本部における長期評価への貢献等の出口を見据えて、N-netを含めたMOWLAS一体としてデータ利活用を進めていきます。