

(1) 実施機関名：

気象庁

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震動・津波即時予測の高度化に関する研究

（英文）Research on advancement of early warnings of ground motion and tsunami

(3) 関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）

ア. 地震動の即時予測手法

イ. 津波の即時予測手法

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 本課題の5か年の到達目標：

地震動即時予測について、震源位置やマグニチュードによらずに行う震度予測手法の改善を進め、精度向上、迅速性・堅牢性を向上させる。そのため、新たな観測データを含めた揺れの分布（波動場）のリアルタイムモニタリング手法の検討を進め、さらに、震度だけでなく、より長周期の揺れを含めた広帯域の揺れの予測に対応する。

地震発生に伴う津波波源からの距離に応じて、波源近傍、波源からやや離れた地域、波源から遠い地域のそれぞれの予測対象について、津波即時予測の手法を効果的に改良する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

地震動(1) 揺れの分布（波動場）の予測手法の高度化

地震のリアルタイムの揺れの分布（波動場）を初期値とした波動伝播計算と地盤増幅特性の補正によって、震度のみならず広帯域の地震動の分布を正確かつ即時的に予測する手法を開発する。より猶予時間が長く、精度の高い地震動即時予測が可能となるよう、不均質な地震波減衰特性を波動伝播計算に取り込む技術開発を行う。

地震動(2) 揺れの分布（波動場）のリアルタイムモニタリング手法の高度化

地震動(1)を達成するため、周波数依存性を持つ地盤増幅特性の推定とそのリアルタイム補正、観測点での地震波形の時系列の特徴に基づいた地震波伝播の推定等により、幅広い帯域における地震動の分布とその伝播の様子を即時的に把握する技術開発を行う。

津波(1) 波源近傍の津波予測

地震発生に伴う津波発生場の性質の把握を通じて事前津波予測データベースの改善点を見出し、発生直後で津波の観測値がほとんど得られない段階で予測する必要がある波源近傍の即時予測手法を改良する。

津波(2) 波源からやや離れた地域の津波予測

地震発生から津波到達までの間に沖合で観測されるデータの活用技術を高め、津波波源からやや離れていて発生から到達までの時間がやや長い地域での津波の即時予測手法を改良する。

津波(3) 波源から遠い地域の津波予測

津波伝播計算において、非線形性を表現する計算手法の改良を進めるとともに、計算結果の品質を診断する手法の開発を行い、地震発生に伴う津波波源から遠い地域の津波の予測手法を改良する。

また、津波伝播計算手法の改良成果によって、津波予測データベース及び沖合で観測されるデータを活用した即時予測手法における波源近傍等の簡便な沿岸波高の予測手法と、津波の時間的推移の予測手法の改良も図る。

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和7年度について計画通り実施した。

S波より早く到達するP波を利用する仕組みをPLUM法に組み込んでPLUM法の迅速性を向上させる研究について、昨年度に開発した手法を気象庁の各観測点で観測された波形に適用し、観測点ごとに異なる予測用加算値を用いることでS波相当の震度の妥当な予測値を得ることができることを確認した。

昨年度までに開発した速度型地震計用フィルタを用いてHi-netの観測波形からリアルタイム震度が得られることを確認し、またHi-netの速度計の計測限界を一時的に超えた観測波形の事例を確認した。一時的に超えただけの場合は波形が異常であることを識別し難いが、併設のKiK-net加速度計の波形へ既存のフィルタを適用しアンチエイリアシングフィルタに伴うとみられるわずかな時刻ずれを補正して波形比較を行うことにより識別可能なことを確認した。

PLUM法的な長周期地震動階級即時予測手法の開発のため、波動伝播を満足しモニタリングも可能な帯域フィルタ適用後の波形から、長周期地震動階級予測に必要な振幅を近似的に得る手法を開発し、一定水準の精度で近似値が得られることを確認した。

強震動即時予測の精度向上に有用な減衰・散乱・速度構造などの地下構造推定について、西南日本の内部減衰・散乱パラメータの不均質分布を推定し国際学会で発表した。

2016年の福島県沖の地震津波について、波源推定に一般的に用いられる沿岸の津波波形の線形逆解析では、非線形性の寄与と観測点方位分布の不十分さにより、推定される波源の精度が低下することを示した。また、精度低下を低減する簡便な手法を提案し、実際の観測波形への適用により有効性を実証した。

2016年の福島県沖の地震津波について、逆解析で求めた高精度な津波波源を用いて長時間の津波伝播数値計算をした結果、日本の沿岸海域の観測点での津波減衰過程を含む地震後15時間にわたる二乗平均平方根振幅の時間変化も概ね再現された。

2024年1月1日の能登半島地震について、富山湾沿岸に注目して実施した津波現地調査の詳細な測定データを整理し、報告書として公表した。

2024年1月1日の能登半島地震による津波を捉えた映像に汎用セグメンテーション基盤モデルSAM2を適用したところ、人間による読み取りと同程度の精度・決定率で画像から津波時系列波形を抽出できた。

2025年7月30日のカムチャツカ半島付近の巨大地震では、地震発生48時間後に日本の太平洋の沖合・沿岸でそれまでの減衰傾向とは異なる顕著な振幅の水位変化が観測された。津波数値解析を行った結果、この顕著な水位変化は、1952年に同地域で起きた巨大地震と同様に、南米沿岸で反射した大洋横断反射波で説明できることを明らかにした。

2025年7月30日のカムチャツカ半島付近の巨大地震に伴う津波について、S-net海底圧力計の記録に対してアレイ解析を適用し、津波の面的な可視化を通じてその伝播特性を調査した。伝播方位の分布および合成した津波との比較から、東北地方沿岸で観測された後続波に特徴的な短周期成分は、カムチャツカ半島での反射波及び天皇海山列北部における散乱波で構成され、千島海溝に捕捉されて伝播してきたものと考えられる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

気象庁の緊急地震速報や津波警報等の情報の予測精度や迅速性の向上に資する成果に進展があり、これら情報の高度化を通じて災害の軽減に貢献していく。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

南雅晃・対馬弘晃・林豊・中田健嗣, 2025, 2024年能登半島地震に伴う津波の現地調査報告, 気象研究所技術報告, 88, 1-64, doi:10.11483/mritechrepo.88., 査読無, 謝辞無

Tsushima, H., Y. Hayashi, and T. Yamamoto, 2025, In-Depth Evaluation of Inversion of Coastal Tsunami Waveforms Utilizing Tsunami Source Constrained by Offshore Tsunami Waveforms from a Wide, Dense Observation Network: Application to the 2016 Mw 6.9 Off-Fukushima Earthquake, Japan. Earth and Space Science, 12, e2024EA004043, doi:10.1029/2024EA004043., 査読有, 謝辞無

Wang, Y., K. Imai, Y. Hayashi, M. Yamada, and S. Kusumoto, 2025, Tsunami wave characteristics of the 2024 and 2025 Hyuganada earthquakes. Geoscience Letters, 12, 40, doi:10.1186/s40562-025-00416-3., 査読有, 謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Hayashi, Y., T. Sasabe, H. Tsushima, M. Minami, Y. Sasaki, S. Adachi, K. Iwamoto, 2025, Summary of observations and warnings on the 2024 Noto Peninsula earthquake tsunami, and near future research responses, International Tsunami Symposium 2025, 3. Instrumentation and observation network (4)

干場 充之, 2025, 波形異常の即時検出：速度計と加速度計出力の比較による地震動即時予測での品質管理向上をめざして, 日本地震工学会・大会－2025, D-5-5

干場 充之, 2025, 最大振幅とP波出現時に含意するもの：加速度計波形と速度計波形の同地点観測の比較から, JpGU meeting 2025, SCG63-P02

干場 充之, 2026, 速度計と加速度計出力の比較による波形異常の即時検出, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震のリアルタイムモニタリングと即時予測情報の活用」, 15

Kodera, Y., 2025, P-wave-based earthquake early warning without P-wave detection: continuous monitoring of the UD-component seismic intensity, IAGA/IASPEI Joint Scientific Meeting 2025, S01p-088

小寺祐貴, 2025, よりロバストなP波PLUM法の検討：上下動リアルタイム震度の常時モニタリング, JpGU meeting 2025, SCG63-P04

小寺祐貴, 2026, 後続破壊のP波を用いた地震動即時予測の迅速化の検討, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震のリアルタイムモニタリングと即時予測情報の活用」, 6

南雅晃・対馬弘晃・林豊, 2025, Segment Anything Model 2を用いた2024年能登半島地震津波のカメラ映像からの津波時系列データ自動抽出, 日本地震学会2025年度秋季大会, S17-03

西宮隆仁, 2025, 長周期地震動階級の揺れから揺れ予測の手法の検討, 日本地震学会2025年度秋季大会, P15-11

西宮隆仁, 2026, PLUM法的な長周期地震動階級即時予測に向けて～フィルタ処理後の波動伝播の確認～, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震のリアルタイムモニタリングと即時予測情報の活用」, 8

Ogiso, M., 2025, Estimation of seismic attenuation and scattering structures from the shape of seismogram envelopes: method and application in southwestern Japan, IAGA/IASPEI Joint Scientific Meeting 2025, S03a (3)

小木曾仁・対馬弘晃, 2025, Wave gradiometryを用いた2025年カムチャツカ半島地震に伴う津波の伝播特性解析, 日本地震学会2025年度秋季大会, S25-02

小木曾仁・対馬弘晃, 2025, Wave gradiometryによる2025年カムチャツカ半島地震に伴う津波の伝播

特性解析, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「超高密度多点地震観測と波動研究による日本列島解像論」, S25-07

Tsushima, H., 2025, Utilization of Japanese cable networks for tsunami forecasting, including tFISH, 9th Joint ICG/PTWS-IUGG/JTC Workshop, 3f

Tsushima, H., 2025, Utilization of tsunami research results in tsunami early warning, Joint Workshop of the ERI-DPRI Tsunami Research Group 2025

Tsushima, H., T. Kubota, and T. Saito, 2025, Real-time tsunami source inversion using ocean-bottom pressure records within the source region: incorporating tsunami, seafloor deformation and long-period seismic wave, International Tsunami Symposium 2025, 8. Advanced Techniques (4)

対馬弘晃・山本剛靖, 2025, 1952年と2025年のカムチャツカ地震津波で観測された大洋横断反射波, 日本地震学会2025年度秋季大会, S25-03

Tsushima, H. and T. Yamamoto, 2025, Trans-oceanic propagation of tsunami reflection wave from the 1952 and 2025 Kamchatka earthquakes and its implications for real-time forecasting of tsunami later waves, International Tsunami Symposium 2025, 16. Kamchatka Tsunami and South Alaska landslide Tsunami

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

即時予測のための機械学習やアレイ解析手法の適用による揺れの特徴をとらえたリアルタイムモニタリング手法、不均質な地下構造の推定とそれらの即時予測への反映方法、合わせてそれらが広帯域な揺れに適用可能かの調査等を通じてPLUM法的な長周期地震動予測の実現可能性、について引き続き検討を進める。

発生状況について得られる情報がごく限られる発生直後で段階において、津波波源分布の推定の不確定性が沿岸での津波の予測に及ぼす影響について検討する。

沖合の観測データを逐次的に活用して津波波源分布や波動場を推定する手法の課題について検討する。

津波数値計算における非線形性の表現を向上させるための計算手法の課題を、日本海で発生する津波を重点的に検討する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象研究所地震津波研究部

他機関との共同研究の有無：無

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象研究所企画室

電話：

e-mail：ngmn11ts@mri-jma.go.jp

URL：https://www.mri-jma.go.jp/

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：西宮隆仁

所属：気象研究所地震津波研究部