

地震波形で地すべりの発生を効果的に探す手法を開発

地震波形データは、普通の地震による振動だけでなく、地すべりなどさまざまな「地球の揺れ」を記録しています。本研究では、日本列島および日本周辺の地震観測網で捉えられた地震波形データを用いて、地すべりを効果的かつ簡便に検出する新しい手法を開発しました。また、この手法を実際に観測された地震波形データに適用し、地すべりの発生位置と発生時刻を特定することにも成功しました。

地すべり発生の特定に用いたのは、2011年台風12号（タラス）の通過時に観測された地震波形データです。台風12号による豪雨で引き起こされた複数の地すべりの発生源を検出しました。検出した地すべりのうち、静岡県の間部で発生した地すべりは、規模が長さ・幅ともに100mスケールの小さな地すべりでしたが、日本列島から台湾付近まで3000kmもの長距離にわたって効率的に地震波を伝播していました。このようなケースが確認されたのは初めてです。

地すべりの発生場所は急峻な山間部であることが多く、また規模の大きな地震や集中豪雨などがきっかけとなるため、地すべりの発生位置や時刻の早期特定、発生機構を解明するための現地調査は容易ではありません。本研究は、地震波形データを用いることで、そうした地すべりの発生位置・時刻を遠隔かつリアルタイムに検出することを可能にするものです。地すべり災害の早期発見や災害リスクの軽減に貢献することが期待されます。

研究代表者

筑波大学生命環境系/山岳科学センター
奥脇 亮 国際テニユアトラック助教

研究の背景

地震波形データには、地震時に震源から放射される莫大なエネルギーに加え、大気・海洋の摂動に呼応した固体地球の揺れが常時記録されます。そして、地球の貧乏揺すりともいえるこのような雑微動の中には、地すべりなど地震以外の固体地球変動現象によって励起される地震波シグナルが記録されます。

しかし、それらの実態はほとんど不明でした。シグナルが微弱なため、通常地震波形解析法では検出できず、大部分は地震波形データの「ノイズ」として埋もれていたからです。本研究では、そうした微弱な地震波シグナルを効果的に取り出し、地すべりなど地球表層で生じる特徴的なシグナル励起源を検出する方法を新たに開発し、実際の観測データに適用しました。

研究内容と成果

本研究では、防災科学技術研究所が整備・運用を行う広帯域地震観測網（F-net）を中心とした日本及び日本周辺に分布する地震観測点103点の観測データを用いました。これらの観測点を、震源の決定に効果的な三組アレイ（三つの観測点で構成される三角形型の観測点配置）の集合体として構成し（参考図）、記録された波形同士の類似性を基に、地震波励起源の位置・時刻を決定する新たな震源決定手法の開発を行いました。

地すべりなど、通常地震以外の励起源によって放射された地震波は、周期が長い地震動が卓越する場合が多く、通常地震と比べ波の到達時刻をはっきりと読み取ることが困難な場合があります。ただし、これらのゆっくりとした地震動は多くの場合、三組アレイ内の近接する観測点同士では、その波形が類似

しています。そして、波形同士の類似度を利用することで、各観測点での波の到達時刻の相対的な時間差を取り出すことができます。

これにより、従来の震源決定手法で必要だった波の到達時刻の読み取りをせずに（人間の手を加えることなく）、地震波の励起源（発生場所）と発生時刻を、観測データから直接推定することが可能となります。従来の手法では必要だった地球の内部構造の仮定なども不要になるため、簡便に地すべりなどの地震波励起源を検出することができます。それゆえ、本研究で開発した手法は、連続波形データをほぼリアルタイムに取得しつつ震源決定を自動処理することで、従来は難しかった地震以外の振動現象のモニタリングを可能にします。

新たに開発した手法により、静岡県および三重県で発生した地すべりを検出しました。特に浜松市天竜区で発生した天竜地すべりは、崩壊規模が 100 m スケールの小規模な地すべりであるにもかかわらず、遠く台湾付近まで何と 3000 km にも渡って地震波を放射していたことが初めて分かりました。(参考図)。さらに、地震波形データを使って地すべりに要した力の時空間履歴および質量移動の軌跡を推定すると、現地調査による地形変化とよく一致することが分かりました。また、天竜地すべりは、小規模な地すべりであるにもかかわらず、地すべりの移動質量と地すべりにかかった力の関係といった力学特性が世界中で発生する大規模かつ破滅的な地すべりと類似しており、地すべりの規模によらない、スケーリング則が成り立つことも見出しました。

今後の展開

本研究で開発した震源決定手法は、規模の小さな地すべりの発生源の検出に有用であることが分かりました。データの選定や地震波の読み取りなど、通常の震源決定に必要な煩雑な処理を必要としないデータ駆動型の簡便な手法です。今後は、日本全国でリアルタイムな地すべり発生モニタリングを行うことで、地すべりの早期発見や地すべり災害リスクの軽減に貢献することが期待されます。

また、本研究手法は、過去に記録された観測データを活用することで 10 年スケールの長期間にわたる地すべり検出にも適用することができます。地すべりの発生と季節・気候変動との関係を追究するなど、大気・海洋・固体地球の連関を解き明かす新たな研究領域を開いていきます。

参考図

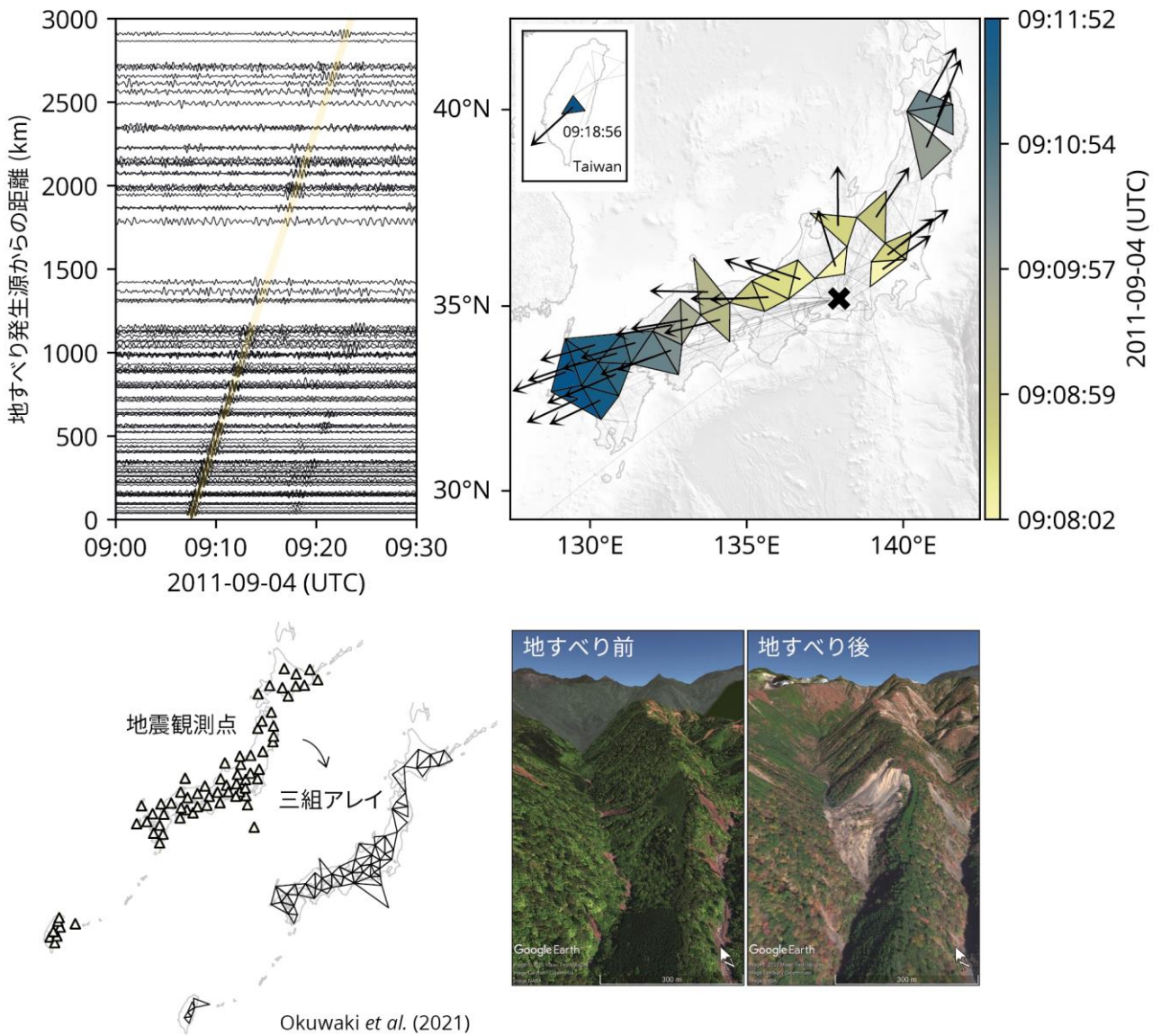


図 本研究による観測デザインと結果

地震観測点を三組アレイの集合体として構成し（下段左）、効果的な震源決定を行いました（上段）。地震波シグナルが、地すべりの発生源から遠く、3000 kmにもわたって伝播している様子が分かります（上段左）。地図の矢印は本研究手法で観測したシグナルの進行方向、三組アレイの色は本研究手法で観測したシグナルの到達時刻を示します（上段右）。本研究で特定した地すべりは衛星画像によっても発生が確認されています（下段右）。

研究資金

本研究は、JSPS 科研費 (JP19J00814、JP17H04733、JP20K14570)、研究大学強化促進事業 (国際テニュアトラック制度) などの支援で実施されました。

掲載論文

【題 名】 Identifying landslides from continuous seismic surface waves: a case study of multiple small-scale landslides triggered by Typhoon Talas, 2011.

(連続地震波形記録における表面波を用いた地すべりの検出: 2011 年台風タラス襲来により発生した小スケールな地すべりの検出例)

【著者名】 Ryo Okuwaki (奥脇亮)^{1,2,3}, Wenyuan Fan⁴, Masumi Yamada (山田真澄)⁵, Hikaru Osawa (大澤光)^{1,2,*}, Tim J. Wright³

¹筑波大学生命環境系、²筑波大学山岳科学センター、³リーズ大学、⁴カリフォルニア大学サンディエゴ校スクリプス海洋研究所、⁵京都大学防災研究所、* (現在) 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所

【掲載誌】 Geophysical Journal International

【掲載日】 2021 年 4 月 1 日

【DOI】 10.1093/gji/ggab129