

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震波を用いた地盤強度と地下水のモニタリング手法の開発

（英文）Development of ground strength and groundwater monitoring method using seismic waves

(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

(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化

ウ. 地震動に起因する斜面変動・地盤変状の事前評価手法

(4) その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

(4) 内陸で発生する被害地震

(5) 本課題の5か年の到達目標：

本研究では地震波伝播特性の斜面崩壊・地盤変状に繋がる地下水位や地盤強度の変化を捉える手法の開発を目指す。この5か年で、地震波伝播特性の変化を説明可能な地下水-地盤強度モデルを構築し、検証する。このために様々な地形、地質条件下における地下水の移動および地盤強度の変化と、これに対する地震波の応答を観察し、モデルの適用可能性を検証する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

R6, 7年度には、愛知県豊橋市に設置された人工震源装置を用い、周囲の地すべり地形地、平坦地、また、地下水位の高低の異なる複数地点に地震計を設置し臨時観測を行う。臨時観測においては、まず地震計アレイを構成し、伝播速度から波群を同定する。その後、1ないし2台の地震計を用いて1年以上にわたる連続観測を実施し、降雨、地下水位と地震波伝播特性の変化の比較を行う。人工震源装置周辺には古生代チャート層傾斜地、砂岩層傾斜地、沖積層平坦地があり、様々な岩相や条件に対する応答の違いを得られる。得られた応答を分類整理し、地下水位と地盤強度の変化を反映する地震波伝播特性のパラメータの探索とモデル化を行う。人工震源装置を用いた観測に加え環境震動を用いた観測も行い、環境震動からの検討も行う。新たな観測データにこれまでに静岡県森町で得られた地震波伝播特性の変化と降雨・地下水位のデータも加えて解析を行う。合わせて、開発中である可搬型の震源装置の整備を行う。

R8-10年度には、前半で様々な場所での地震波伝播特性の変化のメカニズムをpushした上で、可能ならば、地震計および可搬型の震源装置を地すべり地形地などの斜面崩壊危険地周辺に持ち込み、これらの地震波伝播特性を長期モニタリングする。降雨や地盤変形を同時にモニタリングし、地震波伝播特性のパラメータがどのように応答するか検討する。強震動の入力があれば強震動による擾乱も検討する。諸般の事情により地すべり危険地周辺に地震計を設置できない場合も考えられるが、少なくとも緩傾斜地や弱い地盤において、地盤強度の時間変化を、地震波伝播特性を用いて可視化することを目指す。

(7) 令和6年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本研究課題には前計画で直接対応する課題はなく新規の課題である。ただし、前計画の「南海トラフ域におけるプレート間固着・滑りの時空間変化の把握」(NGY_04)において弾性波動学的アプローチとして精密制御震源ACROSSによる長期モニタリングを実施しており、そこで得られた地震波速度変化と環境変動要因に関する検討の知見を踏まえている。

今年度は、静岡県森町における地すべり地域において2020年10月から2022年5月まで実施した地震計アレイによる観測記録の解析を行った。

常時微動を用いたSPAC法による地すべり地域の地下構造変化モニタリングについて検討した。地震計アレイで記録した常時微動データに対し、前処理を適用した後、各地震計間のSPAC係数を算出し、高次モードを考慮したマルチモードSPAC法(MMSPAC法)により基準となる一次元地震波速度構造モデルを構築した。次に、観測期間全体の平均に対する日々のSPAC係数の時間変化を算出した(図1)、クラスター分析によって人間活動による週周期の変動やサイトに隣接する沢起源の影響を同定し、これらの非構造的要因による変動を除去した。また、SPAC係数の変動の速度構造の感度解析から速度構造変化の推定手法を開発した。その結果、極浅部(深度約5m)および深部(深度約20m)に環境要因に敏感な速度構造を検出した(図2)。この構造の変化は降雨に伴う地下水面の変動との関連が示唆され、潜在的なすべり面の位置と対応する可能性を示した。

ACROSSを用いた降雨に対する地震波速度変化のモニタリングについて検討した。アレイ観測サイトは静岡県森町のACROSS震源から約3 kmに位置しており、このACROSS震源からの信号を用いた解析を行った。ACROSSの伝達関数を算出し、アレイ解析およびパーティクルモーション解析によって、P波、S波、表面波(Rayleigh波とLove波)の時間窓を決定し、それぞれの波群の日々の走時変化を求めた。Rayleigh波とLove波の走時変化を降雨の日変化の時系列でデコンボリューションすることで降雨に対する各波群の走時の応答関数を求めた(図3)。その結果、降雨の影響は10日から20日程度持続するという結果を得た。同様に、近隣の河川水位とサイトの地下水位の応答の降雨に対する応答を求めた。河川水位の応答の時定数は降雨後5~10日、地下水位は20日から50日程度であった。降雨に対して、地震波速度はそれぞれ地下水位より速い応答、河川水位より遅い応答を示すことが明らかとなった。

・「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

本研究は地震波を用いて地盤特性の変化を検出する手法の開発を目的としており、建議の「3-(1)-エ:地震動に起因する斜面崩壊・地盤変状の事前評価手法」の目的達成に向けて、その基礎的な科学的知見を与えるものである。地震波伝播特性から地盤強度や地下水位に関する情報の検出とモデル化に成功すれば、将来的に地滑り危険度の閾値などの定量的な評価を経て、地震波を用いた地滑り危険度の時間変化のモニタリングの実装につながり得る。また、地震波を用いた地震時地すべりに特徴的な地質構造の抽出、より危険な斜面の特定手法の開発といった、地すべりや地盤崩壊そのものの研究にも発展可能である。

(8) 令和6年度の成果に関連の深いもので、令和6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

C. Feng, K. Yamaoka, R. Ikuta, T. Watanabe, and S. Tsuji, 2024, Surface wave monitoring using ambient noise for detecting temporal variations in underground structures in landslide area, *Engineering Geology*, 341, 107706, doi:10.1016/j.enggeo.2024.107706, 査読有, 謝辞無

馮 晨・渡辺俊樹・生田領野・山岡耕春・辻 修平, 2024, ACROSSを用いたコーダ波干渉法による時間変化の推定, 公益社団法人物理探査学会第151回(2024年度秋季)学術講演会講演論文集, 204-207, 査読無, 謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

(9) 令和6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7年度実施計画の概要：

R7年度には、引き続き、静岡県森町で得られた長期地震計アレイ観測地震波伝播特性の変化と降雨・地下水位の解析を継続しモデル化を行う。愛知県豊橋市、あるいは他の地すべり危険地域において、地すべり地形地、平坦地、また、地下水位の高低の異なる複数地点に地震計を設置し臨時観測を行う。人工震源装置を用いた観測および環境震動を用いた観測を行う。臨時観測においてはまず地震計アレイを構成し、伝播速度から波群を同定する。その後1ないし2台の地震計を用いて1年以上にわたる連続観測を実施し、降雨、地下水位と地震波伝播特性の変化の比較を行う。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

渡辺俊樹（名古屋大学大学院環境学研究科）

他機関との共同研究の有無：有

生田領野（静岡大学理学部）

(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：名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター

電話：052-789-3046

e-mail：

URL：<https://www.seis.nagoya-u.ac.jp/>

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：渡辺俊樹

所属：名古屋大学大学院環境学研究科

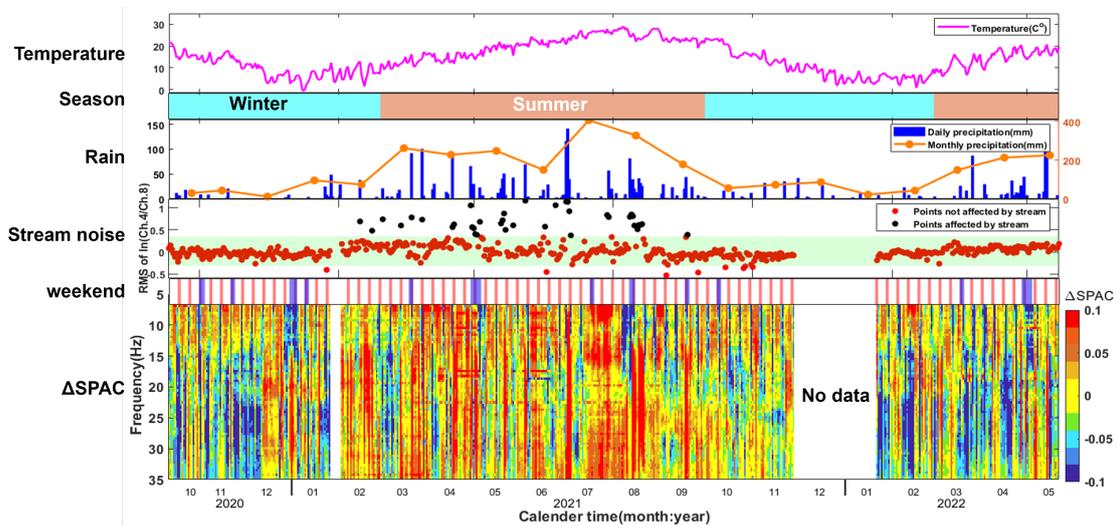


図1 観測期間全体の平均に対する日々のSPAC係数の時間変化と環境変動との比較

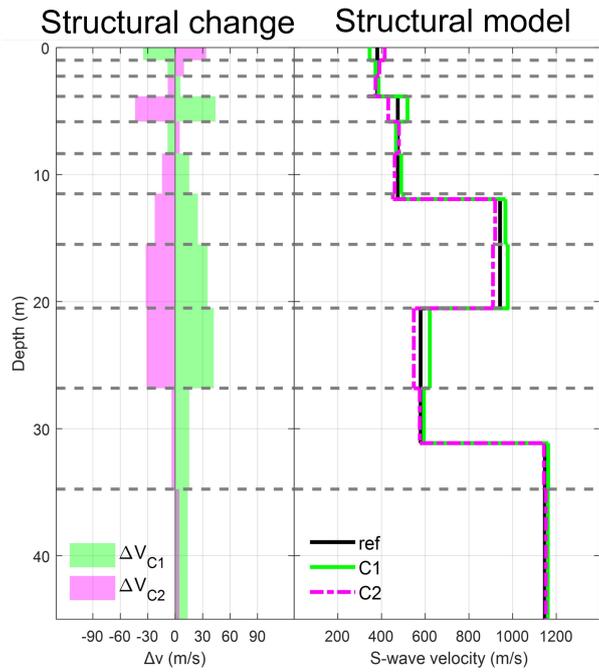


図2 SPAC係数の変化から求められた地震波速度構造の変化

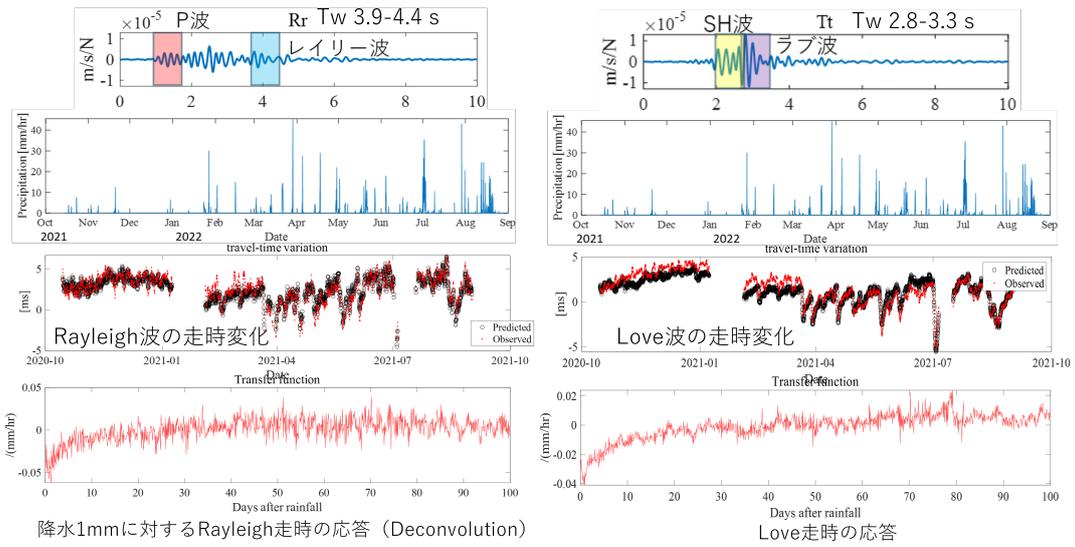


図3 ACROSS伝達関数から求めたRayleigh波およびLove波の走時変化と、それらの降雨に対する応答