

(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押さえた上で、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滑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7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

R6年度に引き続き、静岡県森町で得られた人工震源システムACROSSによる地震波速度の変化と降雨・地下水位の関係のモデル化を行った。また、愛知県豊橋市において、ACROSSの近傍に新規に地震計の設置を行い、降雨との関係の調査を開始した。土石流発生地のモニタリングのための小型ACROSS震源装置の開発を行い、土石流多発地帯での地震波速度モニタリングに導入する準備を整えた。

1. 降雨・地下水位の関係のモデル化

静岡県森町に設置した定常人工震源システムACROSSと約3 km離れた地点に設置した14個の地震計の地震計アレイによって観測した約10ヶ月にわたる観測記録を使用した。まず、観測記録を既知の震源関数でデコンボリューションすることにより、帯域制限されたグリーン関数に対応する伝達関数を得た。この伝達関数の後続波（コーダ波）部分に対してコーダ波干渉法を適用し、時間変化を求めた。 $dv/v$ の時間的変動は長期的変動と短期的変動の両方を示した。一方、雑微動干渉法やP波・S波の走時解析によって検出した $dv/v$ の時間変化では、長期的変動は検出できるものの短期的変化の検出能力が劣ることが明らかになった。これらの2つの時間スケールの速度変化は、降水量を入力とする多孔質弾性モデルを用いて表現でき、距離と拡散係数で表されるパラメータで統一的に説明できることが明らかとなった。短期的変動は降雨とよく対応することが確認された。短期的変動は降雨による応答であり、長期的な変動は、地下水位の変動によって生じる亀裂密度や流体飽和度の変化を反映している可能性がある（図1）。

2. 豊橋市における降雨・地下水位のモニタリング

愛知県豊橋市に設置した定常人工震源システムACROSSと約800 m離れた地点に設置した地震計によって地震波モニタリングを開始した（2025年10月～）（図2）。震源方向と直交方向の震動成分毎の走時変化をモニタリングし、上記の森町での10ヶ月の速度変化観測で得られた降雨・地下水位の関係モデルを下敷きとして、多孔質弾性モデルによる表現を適用することで、モデルの妥当性と汎用性を検証する。

3. 小型ACROSS震源装置の開発と試験観測

土石流や地すべり地形地をターゲットにした機動観測に適した小型ACROSS震源装置を開発し、1ヶ月間の連続運用を行なって基本データを取得した。震源装置はAC 100 Vで運転でき、総重量は約100 kgであるが、分解すると各パーツ重量20 kg以下で、人力で充分安全に設置・運搬できる。偏心錘の回転による遠心力で地震波を発生し、出力は20 Hzで約200 kgfである。本震源装置を静岡大学内の観測井（深さ18 m）に設置し、およそ1 kmの範囲の地表に地震計を設置して波形を取得した（図3）。その結果、震源距離1 kmでも1時間程度のデータスタックで信号が検出できた（図4）。また約1ヶ月間の運転期間中、震源装置は位相ずれゼロ(1/1000回転未満)で、メンテナンスフリーで安定して運転でき、商用電源が確保できれば遠隔地でも安定して運用可能であることが示された。

・「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)-ウ: 地震動に起因する斜面崩壊・地盤変状の事前評価手法」に対し、その目的達成に向けて、基礎的な科学的知見を得るために実施している。地震波の伝播特性からの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他研究からの定量的な評価を加えることにより、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、より潜在的危険度の高い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

・学会・シンポジウム等での発表

小池遥之・山岡耕春・渡辺俊樹・生田領野・岡田宏太・田中宏明,2025,小型震源装置の開発と試運転, JpGU Meeting 2025, STT41-P07.

馮晨・渡辺俊樹・生田領野・山岡耕春・辻修平,2025,精密制御定常震源システムACROSSを用いたコーダ波干渉法による地震波速度の時間変化の推定, 日本地震学会2025年度秋季大会, P13-03.

(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：

R8年度には、愛知県豊橋市で実施している連続地震波信号の観測、降雨や地下水位の観測を継続し、地震波伝播特性の変化の検出とモデル化を行う。可搬型の震源装置と地震計を地すべりや土石流などの斜面崩壊が懸念される地域周辺に持ち込んで設置し、地震波伝播特性を長期モニタリングする観測を実施する。まず地震計アレイを構成し波群を同定したのち、1年以上にわたる長期観測を実施したい。技術面以外の諸般の事情により計画している土石流発生危険地周辺に震源装置や地震計を設置できない場合は、改めて他の緩傾斜地や軟弱地盤における観測を目指す。

(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

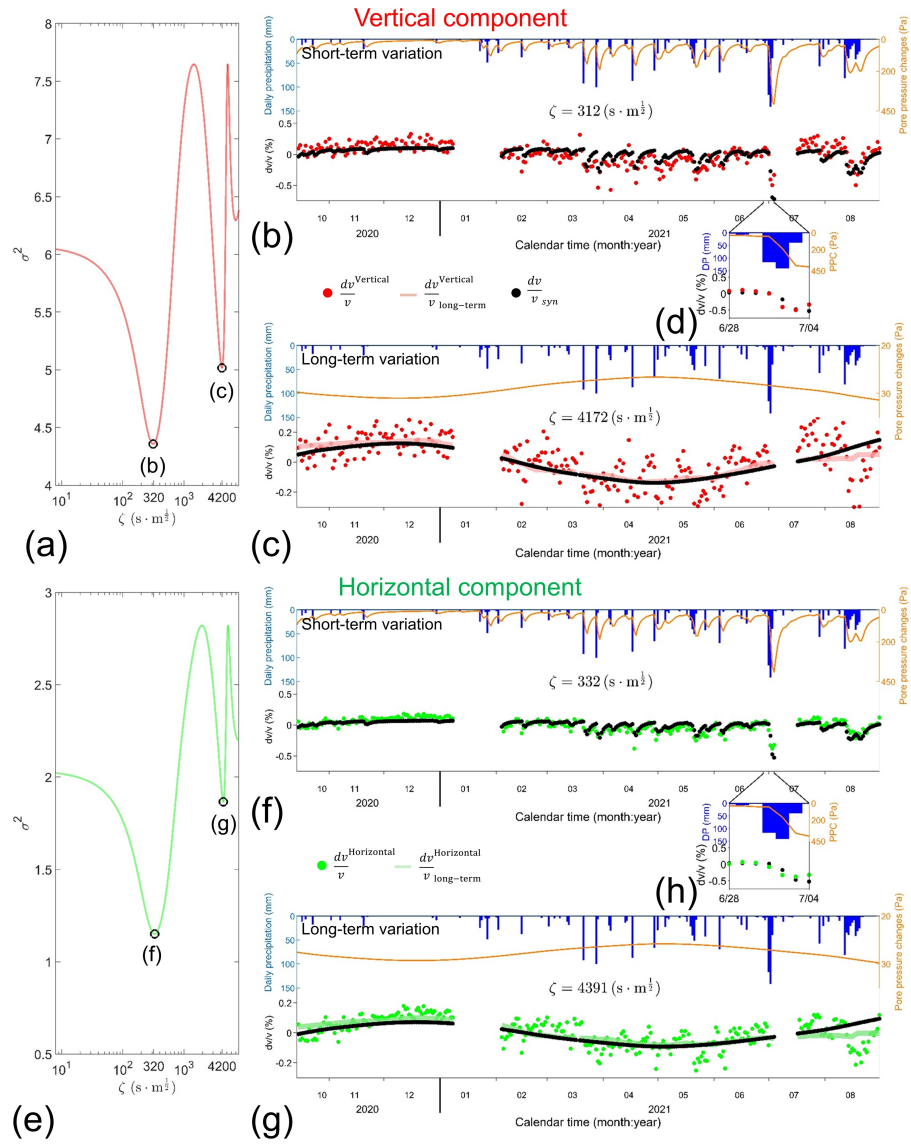


図1：地震速度変化の多孔質弾性モデルによる最適化。  
(a), (e)の極小値を与える2つの $\zeta$ 値（距離と拡散係数で表される）がそれぞれ短期的変動(b), (f) と長期的変動(c), (g)をよく説明する。



図2：豊橋市国有林内に設置した地震計と雨量計。

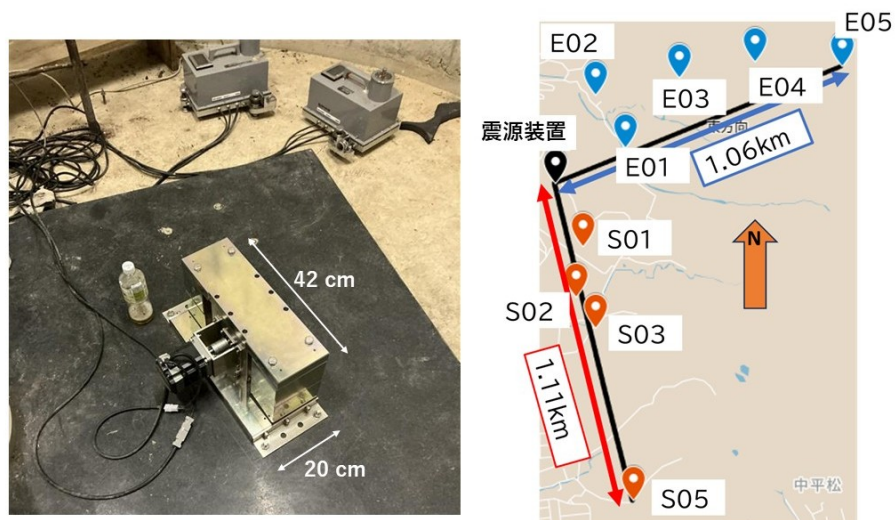


図3：静岡大学に設置した震源装置と地震計配置。

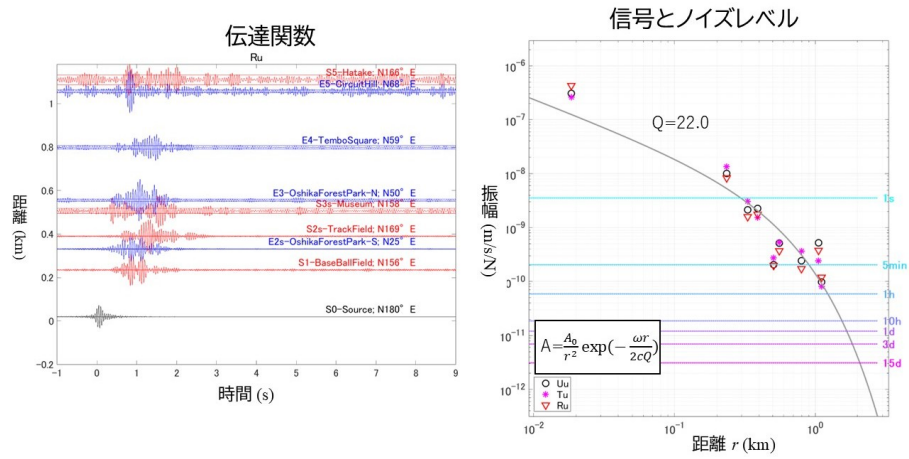


図4：観測された信号の距離減衰。  
内部減衰と1/(距離二乗)の幾何減衰を仮定するとQ値=22でよくフィットする。