

(1) 実施機関名：

京都大学防災研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

火山地域を含む地震地すべり発生場の評価と斜面における強震動及び不安定化の事前予測手法の展開

(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・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

エ. 地震動や火山活動による斜面崩壊の事前評価手法

(4) その他関連する建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

ウ. 大地震による災害リスク評価手法

オ. 火山噴出物による災害誘因の事前評価手法

4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

5 計画を推進するための体制の整備

(2) 総合的研究

ア. 南海トラフ沿いの巨大地震

イ. 首都直下地震

ウ. 千島海溝沿いの巨大地震

(5) 総合的研究との関連：

南海トラフ沿いの巨大地震

首都直下地震

千島海溝沿いの巨大地震

(6) 本課題の5か年の到達目標：

地震動に伴って発生する地すべり現象の発生ポテンシャル評価と事前予測手法のさらなる高度化を進めるため、次の5ヶ年においては、以下の事柄を明らかにする。本研究では、地域的多様性を考慮した災害素因に関する研究（サブテーマ1）、観測による災害誘因メカニズムの検討（サブテーマ2）、阿蘇地域に特化した研究（サブテーマ3）の3つのサブテーマをセットとして推進する。

1) 重力変形斜面において、地震によって崩壊しうる斜面に特徴的な地形と地質構造を現地踏査によって明らかにする。また、既往災害を例とした複数のモデル化を行い、それらを標本として「危険な斜面」をあらためて再定義し、危険箇所の抽出を行う。特に南海トラフ巨大地震時の事例を対象とする。

2) すべり面となりうる降下火砕物の特徴をもとに、地震時に崩壊する危険性の高い降下火砕物の空間分布を、噴火史や給源の位置から推定する。

3) すべり面と想定される層準や移動土塊から試料を採取し、物理特性や動的なせん断挙動を計測する。さらに、崩土の移動特性を把握するため、流動特性をリングせん断試験機によって調べる。

4) 斜面における地震観測について、多点稠密な地震観測・微動観測へと拡張し、地下水圧や傾斜・ひずみ等の斜面の変形に関する観測も新たに実施することで、斜面内での地震動の特徴、ばらつきを

評価するとともに、揺れの特徴や大きさと、地下水の変動量、斜面の永久変形量の関係を明らかにする。

5) 過去の多数の災害事例についてまとめた啓蒙書を出版する。災害が発生していない（未災の）段階で、住民に読んでもらい、将来被りうる災害について身近に考える具体的な材料とすることで、大都市域の盛土斜面をフィールドとして、社会学的な見地から住民が自らのリスクを認識する手法を開発する。

6) 特に、阿蘇地域において、熊本地震時の未崩壊斜面においてボーリング調査、ボーリング試料の土質試験、ボーリング坑内での物理観測を実施して、強震動による地すべり現象発生のポテンシャルを評価する。

(7) 本課題の5か年計画の概要：

平成31年度（令和1年度）においては、南海トラフ巨大地震をターゲットとし、主に四国山地および沿岸部の急峻斜面において、過去に発生した地震時の重力変形斜面での崩壊事例を収集し、周辺の非崩壊斜面と対比しつつ、崩壊した斜面の地質構造の特徴を抽出する。大規模崩壊の痕跡、重力変形斜面、堰止め湖などの痕跡をGIS上で抽出し、地質・地形調査を行うとともに重点調査箇所の設定を行う。

降下火砕物が厚く覆う東北地方や関東地方を広く調査対象地域として、下記の検討を進める。現地踏査や既存のボーリングデータの解析により、すべり面となる層準を探る。

重力変形斜面や海岸地すべり、盛土斜面などいくつかのタイプの斜面における地震観測網を拡充し、多点稠密な地震観測を展開する（令和5年度まで）。

火山研究センター斜面（高野尾羽溶岩ドーム）のボアホールにおいて傾斜計を設置し観測を開始する。また、GPS観測を継続する。また、高野台地すべりにおけるすべり面近傍のテフラや風化軽石層をサンプリングし、リングせん断実験をおこなうことにより、地震時のせん断挙動を明らかにする。

令和2年度においては、前年までに抽出した斜面について地質構造データを取得すると共にこれらの崩壊について前兆となる地形が存在していたかどうかを議論する。さらに崩壊が繰り返し発生している地域の岩盤劣化プロセスを、必要に応じて実施する地質調査、微地形調査、物理探査、掘削調査などから得られる試料の分析からモデル化し、予想される劣化プロセスとその周辺地形から崩壊危険場および危険範囲の分析を行う（令和4年度まで）。また、降下火砕物の空間分布を推定する方法を模索する。

適宜、地質調査結果に基づいて土質試験を実施し、すべり面の物理特性や動的なせん断挙動、流動特性を調べる（令和4年度まで）。

引き続き多点稠密な地震観測を展開する。また、地下水圧や傾斜・ひずみ等の斜面の変形に関する観測も新たに実施する。さらに、観測記録を解析し、斜面内での地震動の特徴、ばらつきを評価する（令和4年度まで）。

住民との協働イベントの準備を開始する。

火山研究センター斜面では、傾斜観測、および、GPS観測を継続する。また、京都大学火山研究センター斜面、烏帽子岳や長野地区周辺における、2016年熊本地震時に崩壊しなかった斜面でボーリング候補地を選定する。

令和3年度においては、重力変形斜面で地質調査を継続する。また、降下火砕物の層準の空間分布を推定する方法を模索し、噴火史や給源の位置からその分布が推定可能か議論する。適宜、土質試験を実施する。

引き続き地震等の観測と解析をおこない、斜面内での地震動の特徴、ばらつきを評価する。

住民との協働イベントを実施する。

火山研究センター斜面では、傾斜観測、および、GPS観測を継続する。ボーリング掘削を実施し、地質層序を明らかにするとともに、ボーリング坑内での地震動や水圧などの連続観測を実施する。ここで採取されるコアに対しても土質試験を行う。

令和4年度においては、重力変形斜面で地質調査、降下火砕物の分布推定、土質試験を継続する。

地震等の観測を継続する。地下水の変動や斜面の永久変形を引き起こしたイベントについて、その時の地震動記録とともに整理する。

必要に応じて、住民との協働イベントを再度実施する。

火山研究センター斜面では、ボーリング坑内での地震動や水圧、傾斜の観測、および、GPS観測を継続する。また、コアに対して土質試験を行う。

令和5年度においては、四国地域の調査においては、これまでに得られたデータの統合を行い、より有用なハザードマップの作成を行う。火山地域においては、降下火砕物の層準の空間分布から地震動によって崩壊しうる斜面のマッピングが可能か議論する。その際、土質試験の結果を解釈にフィードバックする。

変形と地震動を比較することで、斜面変状にどのような地震動が影響を与えるかの評価をおこない、どのような地盤／斜面がどのような揺れでどの程度塑性化するか、斜面が不安定化した際にどの程度の永久的な変形が残るかを、観測から明らかにした斜面内の地震動のばらつきを参照しながら検討する。

協働イベントの結果を検討する。

火山研究センター斜面では、土質試験結果や、ボアホール坑内観測結果に基づき、すべり面の地震動応答特性（間隙水圧変化や斜面の変形）を明らかにする。そして、南海トラフ巨大地震により誘発される地すべりのポテンシャルを評価する。

(8) 令和3年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

1mDEMの解析で四国山地の地震時に不安定な斜面地形の分析を進め、高知県北部地域の分析がほぼ終了した。さらに、既往地震斜面崩壊地の地質調査も高知県および徳島県地域において終了した。前者ではこれまでに知られていない、多数の線状凹地などが発見された。付加体中の斜面不安定性をもたらす岩盤内構造の分析と、地震の重力変形斜面への関与の分析のために、電気探査と音響探査を活用できるかどうかを確認する試験を行った。砂岩中において、斜面岩盤に不安定さをもたらす断層破碎帯の比抵抗構造のイメージングに成功した。また音響探査では、山上湖中の堆積物に急変形した痕跡があることを発見した。重力斜面変形が発生している斜面から堆積物を採取することに成功し、一部、年代値を得た。

1854年安政南海地震で崩壊したと伝えられ、岩盤に亀裂が生じ、今後の地震でも崩壊が予想されるトウジ山斜面において、複数の地震計、傾斜計などによる観測を継続した。平時のデータが蓄積され、これまでは降雨や地震に対応して傾斜の変化がないことが確認され、また、微小地震による地震波形記録の解析から観測点ごとの増幅特性が明らかとなった。さらに、他の複数の四国の大規模地すべりにおける長期高密度地震動観測も継続して、数多くの中小地震によるデータの蓄積ができた。また、波浪を原因とした浸食により不安定化が促進している北海道東部の海岸地すべり土塊において、観測された地震動記録と地すべり土塊の変位量から、地すべり土塊の抵抗力に比例する臨界加速度を推定したところ、浸食が進むにつれて抵抗力が下がっていくことが分かった。また、これまで観測をおこなっていた地すべりにおいては土砂が流亡し観測が困難となったため、北海道釧路町の海岸地すべりにおいて新たな地震、地すべりの総合観測網を構築した。また、横浜市内の谷埋め盛土における地震動、間隙水圧の同時観測データを解析した。過剰間隙水圧の発生が認められた7地震に対して間隙水圧の特徴と地震動との関係について調べたところ、間隙水圧の上昇時間が目黒区内の谷埋め盛土（前計画より観測・解析を実施、Doi and Kamai, 2020）よりも10倍程度長く、同程度のPGVに対して間隙水圧の上昇量が大きくなることが分かった。盛土の材質や大きさ・形状の違いが反映されていることが示唆された。

火山研斜面にて異なる火山灰土層における含水量変化に関する計測を継続した。風化したテフラ層がずっと高い含水量を有することが分かった。ボーリング掘削を実施し、2016年熊本地震の斜面崩壊においてすべり面となった草千里ヶ浜軽石層が見られた深さに間隙水圧計を、移動体中央部に傾斜計を、土壌水分計を移動体およびすべり面付近に合計3台設置し連続観測を開始し、2022年1月22日に発生した日向灘の地震（Mj 6.6）に伴う傾斜の状態を観測した。データ解析をおこなったところ、地震に伴う傾斜変化は認められず、分解能（0.001°）以下であり、震度4（火山研の位置する南阿蘇村の震度）では斜面が安定であることが示された。さらに、西南日本における地震時地すべりが発生する可能性の高いテフラの分布について、基礎となるテフラのデータの収集およびデジタル化を進めた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況

地震に伴う斜面崩壊の地質的な素因について、特に南海トラフ巨大地震に関連した研究が進んだ。また、地震や斜面変動の観測から、南海トラフ巨大地震や首都直下地震、千島海溝巨大地震の影響を受ける斜面も含めて、誘因である地震動の特徴や地震動に対する斜面の変形や間隙水圧の応答特性についてのデータが集められつつある。

(9) 令和3年度の成果に関連の深いもので、令和3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

Shenghua Cui, Xiangjun Pei, Yao Jiang, Gonghui Wang, Xuanmei Fan, Qingwen Yang, Runqiu Huang,2021,Liquefaction within Bedding Fault: New Understanding of the Initiation and Movement of the Daguangbao Landslide Triggered by the 2008 Wenchuan Earthquake (Ms = 8.0),Engineering Geology,295,10.1016/j.enggeo.2021.106455

Gonghui Wang, Fanyu Zhang, Gen Furuya, Koichi Hayashi, Wei Hu, Mauri McSaveney, Runqiu Huang,2021,The debris avalanche in Donghekou area triggered by the 2008 Wenchuan (M8.0) earthquake: features and possible transportation mechanisms,Engineering Geology,280,10.1016/j.enggeo.2020.105922

・学会・シンポジウム等での発表

渡邊達也・三浦竜・山崎新太郎・松浦純生,2021,同時多点GNSS観測で捉えた海岸地すべりの複雑な挙動,令和2年度日本地すべり学会北海道支部・北海道地すべり学会特別講演および発表会予稿集,3-8

王功輝・松島信一・古谷元・李孝波・常承睿・黄超,2021(投稿中),振動台実験による地震時テフラ斜面の安定性評価：2018年北海道胆振東部地震時に生じた一地すべりを例として,地すべり学会第60回(2021年度)研究発表会および現地見学会

土井一生・松浦純生・大澤光・岡本隆・柴崎達也・土佐信一,2021(投稿中),不安定化が促進した海岸地すべりに関する地すべり土塊の変形特性,地すべり学会第60回(2021年度)研究発表会および現地見学会

王功輝,2021,頻発化・激甚化・多様化する斜面災害の脅威に備えて,京都大学防災研究所2021年度公開講座

王功輝,2021,降下火砕物斜面における地震時地すべりの発生・運動機構について：日本で近年発生した土砂災害を例として,2021年度土砂災害予測に関する研究集会

(10) 令和3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：

項目：地震：地震：短周期地震観測

概要：大規模地すべり地における長期地震観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：徳島県那賀町阿津江 33°50' 47" 134°17' 53"

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：：地質調査

概要：歴史地震斜面災害発生場と今後の危険箇所の抽出を目的とした地質調査

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：高知県仁淀川町，土佐町，大豊町，いの町

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：

項目：：地質調査

概要：危険斜面抽出のための物理探査・地質調査

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：愛媛県宇和島市

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：

項目：：地質調査

概要：地震による山の変形プロセスの解明

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：徳島県、香川県那賀町，つるぎ町，高松市

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：

項目：地震：地震：短周期地震観測

概要：歴史地震崩壊地における長期地震・斜面観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：高知県大豊町岩原トウジ山 33°49' 30" 133°48' 10"

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地震：短周期地震観測

概要：深層崩壊未崩壊斜面における地震・斜面観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：奈良県五條市赤谷 34.1239 135.7292

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地震：強震動地震観測

概要：重力変形斜面における地震・斜面観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：奈良県天川村栃尾 34.2058 135.8220

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地震：短周期地震観測

概要：大規模受け盤斜面における地震観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：愛媛県久万高原町川下 33.5304 133.0298

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地震：短周期地震観測

概要：盛土斜面における地震・斜面観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：神奈川県神奈川区三ツ沢下町 35.4774 139.6159

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地震：強震動地震観測

概要：海岸地すべりににおける地震観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：北海道厚岸町沖万別 43.0186 144.7411

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地震：短周期地震観測

概要：海岸地すべりににおける地震観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：北海道浜中町後静 43.1350 145.1281

調査・観測期間：-2021/7/25

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地震：強震動地震観測

概要：海岸地すべりににおける地震観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：北海道根室市長節 43.2348 145.5521

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地震：強震動地震観測
概要：海岸地すべりにおける地震・斜面観測
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：北海道釧路町仙鳳趾 42.9999 144.7288
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：：ボーリング調査と傾斜・間隙水圧・土壌水分の埋設
概要：火山研斜面において地質調査および傾斜計・間隙水圧計・土壌水分計埋設のためのボーリング掘削をおこなった。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：熊本県南阿蘇村河陽 32.8850 131.0056
調査・観測期間：2021/12/1-2021/12/7
公開状況：

項目：：傾斜・間隙水圧・土壌水分の観測
概要：火山研斜面において埋設した傾斜計・間隙水圧計・土壌水分計の観測を開始した。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：熊本県南阿蘇村河陽 32.8850 131.0056
調査・観測期間：2021/12/18-次年度も継続予定
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

(11) 令和4年度実施計画の概要：

四国内の主要国道沿いの危険斜面の調査および抽出作業を進め、危険性を分析する。電気探査など簡便な斜面内部構造調査を試験し、特に付加体斜面での危険斜面抽出に利用可能か検討を進める。山地のゆるみ発生過程を調査し、周期的な地震と山の変形との関係を調査する。また、西南日本における地震時地すべりが発生する可能性の高いテフラの分布のマッピングについて完成させる。

四国、紀伊山地、北海道、首都圏、火山研斜面で稼働中の地震や斜面の観測を継続し、斜面の地震動特性を調査するとともに、おおむね震度4以上の地震に対して斜面の変形および間隙水圧についてデータを蓄積する。阿津江地すべり地において、複数台の地震計を新規に設置し、より密度の高い連続観測をおこなう。また、高密度電気探査を実施し、地すべり土塊の内部構造を調べる。地震に伴う傾斜変化や間隙水圧の挙動を明らかにする。さらに、観測データの解析を進め、崩壊斜面内部における地震動の多様性について明らかにする。

(12) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

釜井俊孝（京都大学防災研究所）,王功輝（京都大学防災研究所）,山崎新太郎（京都大学防災研究所）,
松四雄騎（京都大学防災研究所）,土井一生（京都大学防災研究所）
他機関との共同研究の有無：有
千木良雅弘（深田地質研究所）,大倉敬宏（京都大学大学院理学研究科）,西山賢一（徳島大学）

(13) 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：京都大学防災研究所
電話：0774-38-4110
e-mail：kamai.toshitaka.3z@kyoto-u.ac.jp
URL：

(14) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：釜井俊孝

所属：京都大学防災研究所