

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26292077

研究課題名(和文) 流域土砂貯留量の変化に着目した深層崩壊の評価手法の開発

研究課題名(英文) Model development to evaluate huge landslide focusing on variable sediment storage in the catchment

研究代表者

堀田 紀文 (HOTTA, Norifumi)

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：00323478

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,000,000円

研究成果の概要(和文)：大谷崩での詳細な土石流観測により、大規模崩壊後の流域の土砂動態予測モデルの構築のためには2つの課題があることが示された。1つは土石流の粒度分布の影響で、他方は土石流扇状地上での土石流の首振りである。前者については、微細土砂の液相化と、一部の固相粒子が動的な応力に寄与せず、静的な応力にのみ寄与することが明らかにされた。後者については、同じく粒度分布の影響が大きいことが明らかになった。水路実験では、均一粒径土石流が扇状地上を直線的に流下するのに対して、混合土石流では首振りが生じ、扇状地の最終形状も左右非対称で、実験による差異もあった。扇頂での粗礫の堆積とそれに伴う不飽和堆積物がその要因と考えられる。

研究成果の概要(英文)：Detailed field measurements of debris flow in the Ohya landslide revealed two issues to be solved for model development to predict sediment dynamics after huge landslide occurrence. One is influence of particle size distribution of debris-flow material on the fluidity. The other is meandering of debris flow on a debris fan at the bottom of catchment. The influence of particle size distribution was appeared as liquefaction of fine particles. Also, some of solid particles merely contribute to static stress without any contribution to dynamic stress. The particle size affected the meandering on a debris-flow fan as well. Experiments with uniform particle size showed straight descending on a debris-flow fan, while debris flows with mixed particle size showed meandering on the fan leading asymmetrical and variable final shape. Accumulation of coarse grains at the debris-flow front induced rapid and unsaturated deposition at the fan apex and possibly caused the following meander movement.

研究分野：砂防工学，森林水文学

キーワード：土石流 土砂流出 大規模崩壊地 土石流対策

1. 研究開始当初の背景

気候変動に伴う降雨パターンの変化により、深層崩壊とも呼ばれる大規模崩壊の頻発が危惧されている。大谷崩れや鳶崩れ等の日本を代表する大規模崩壊地では、発生から数百年経過しても活発な土砂流出が下流域に大きな影響を及ぼしている。一方で、例えば2011年の紀伊半島台風12号災害と同程度の規模で多数の天然ダムを形成した明治期の十津川大水害では、上流域で生産された土砂の大部分が下流に流出せずに安定化した。大規模崩壊地からの流出土砂が下流域に及ぼす影響を将来にわたって予測することは、効果的な施設配置や土地利用のゾーニングなど、長期的な流域管理の方策立案における重要課題だが、その予測手法は未確立である。

流域により土砂動態は多様である。また、その長期変動にも複数のパターンが存在することが知られている。流域の土砂動態は気象条件や流域の勾配、植生等の影響を受けるが、同様に「流域の履歴」の重要性にも着目する必要がある。例えば、計画貯砂量の10倍以上の速度で堆砂が生じる神奈川三保ダム流域では、現在の流出土砂の大部分を、近年の表層崩壊ではなく、関東地震時の多数の表層崩壊から供給された土砂が占める。また、2009年の深層崩壊によって壊滅した台湾小林村においては、過去に上流域で発生した表層崩壊が被害を深刻化させた可能性が高い。すなわち、流域の土砂流出は、過去の土砂生産・流出イベントの影響を総合的に受けて生じると考えられる。過去のイベントによって流域内に配分された不安定土砂の位置と量を「流域土砂貯留量」との概念で理解すれば、大規模崩壊によって生産された土砂のうち、不安定土砂としてその後の土砂流出に寄与する成分と、流域に供給されたのちに安定化する土砂を分けて評価することが可能となる。

2. 研究の目的

本研究は、以下を達成することで、大規模崩壊地からの土砂流出変動の長期予測手法を構築し、深層崩壊の影響に関する評価手法を提示することを目的とする。

(1) 現地観測とモデルとの比較検証によって、深層崩壊による土砂生産域での主要な土砂流出現象となる土石流の発生・発達過程の評価手法を提案する。

(2) 現地観測結果を参照して、土砂流出を予測するための河床変動計算の区間・パラメータ設定を行う。

(3) 実績のある既往モデルを組み合わせ、数十年～百年程度の長期間で土流域上流部から下流部までの土砂流出の計算を行う。

3. 研究の方法

過去に上流域で生じた深層崩壊が主な土砂生産源となっている静岡県安倍川流域上流部の大谷崩を主な研究対象地とした。気

象観測、土石流モニタリングや地形測量などの現地観測を実施する。観測結果に基づき、土石流の浸食速度式や流出モデルの感度分析を行ったうえで、安定解析モデルなどの既存の実績のあるモデルと組み合わせ、流域全体の土砂流出をモデル化し、その適用性を検討する。

4. 研究成果

大規模崩壊に起因する流域での土砂動態を長期予測するという観点から、本研究で得られた成果を以下に、(1)土砂生産域、(2)土砂流送域、(3)土砂堆積域に分けて記述する。

(1)土砂生産域の現地観測結果とモデル化

対象地では、土石流の長期的な現地観測データが蓄積されており、10分雨量強度が5mmを超えると土石流が発生し、土石流は、表層が不飽和の状態で行下する不飽和土石流と、全層が飽和状態にある飽和土石流の2種に大別されることなどが明らかになっている。

本研究では、地上レーザーなどによって高精細化した地形測量成果によって、これらの土石流発生に地形条件が与える影響を明らかにした。観測結果から、同一の降雨イベント内においても飽和土石流と不飽和土石流が発生し、その区分は単純に雨量や土石流流量だけで行うことはできないことが示された。このとき、地下水位の上昇に伴う斜面・渓床材料の力学条件から安定解析を行い、不飽和・飽和条件下で土砂移動が生じる条件を渓床の堆積土層中の地下水面高さに着目して場合分けし、渓床勾配 α に関して土砂移動が生じない条件 ($\alpha > \alpha_1$: α_1 は安息角で、基本的には岩盤斜面に相当)、不飽和土石流が発生する条件 ($\alpha_1 > \alpha > \alpha_2$)、および、飽和土石流が発生する条件 ($\alpha < \alpha_2$) を、地上レーザースキャナーによる測量によって得られた数値標高モデル (DEM) に適用したところ、勾配などの地形指数の平均値は地形データの解像度によらず同程度の値を示したが (図-1a)、平均値からのばらつきは解像度

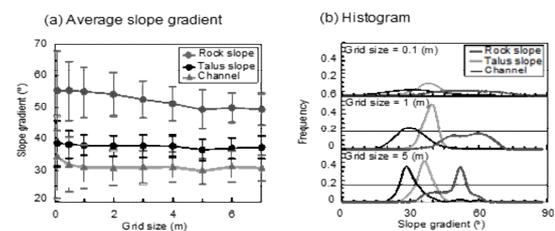


図-1 大谷崩一ノ沢における岩盤斜面、崖錐、渓床の勾配と地形データの解像度の関係

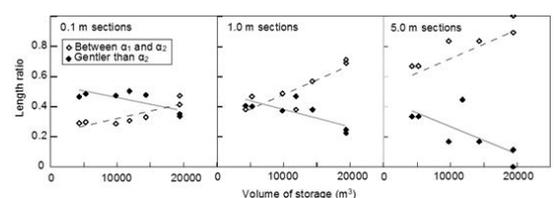


図-2 飽和・不飽和土石流の発生条件と流域土砂量

によって大きく変わることが明らかになった(図-1b). 解像度が高い地形データでは $\alpha_1 \sim \alpha_3$ を明確に分離することが出来ない一方で, 5m程度の粗い解像度では3つの領域は明確に区別される. 解像度が細かい地形データでは, 数十cm~1m程度のサイズで存在する河床材料の形状の影響を受けることがその要因と考えられる. すなわち, 土石流発生の予測を行う場合, 高精細な地形データは粒径スケールのノイズによって予測精度を低下させ, 5m程度の粗い地形データが有効であり, 基岩形状(数年に一度程度, 土石流が頻発する年に測量可能)と堆積土砂量のモニタリングに, 分布型水文モデルなどを組み合わせることで, 土石流発生条件は, 斜面安定解析モデルを用いることで, その流動形態まで含めて良好に予測できると考えられる.

(2)土砂流送域の現地観測結果とモデル化

(1)の結果から, 土石流の発生条件自体は, 低解像度の従来のDEMでも十分に予測可能であるが, 流出土砂量の正確な評価には高精細なDEMが効果的であり, 加えて粒度分布などの情報も同時に取得できる可能性がある. 図-3は, 大谷崩での連続した二時期の高精細DEM(地上レーザー測量, およびUAV-sfm:無人航空機による写真測量により取得)の差分を取り, 土石流の発生・流下に伴う浸食・堆積域の変化を示している. 土石流の発生域が流域内で時期により変化していることが分かる. 不飽和型土石流の多くは比較的短い流下距離で停止・堆積するが, 飽和土石流発生時には浸食を伴いつつ, 上記区間外まで流出する.

図-4に同時期の流域内の上・中・下流域区間での河床材料の粒度分布(線格子法, および篩い分け法によって取得)を示す. 粒度分布は場所・時期により大きく変化しており, 時期によって, 土石流を構成する砂礫の粒度分布が変化していることを示唆する. 石礫型土石流の流動特性が構成材料の粒度分布によって大きく変わることが近年の研究によって判明しつつあり, 大谷崩における土石流の到達範囲予測のためには粒度分布の影響

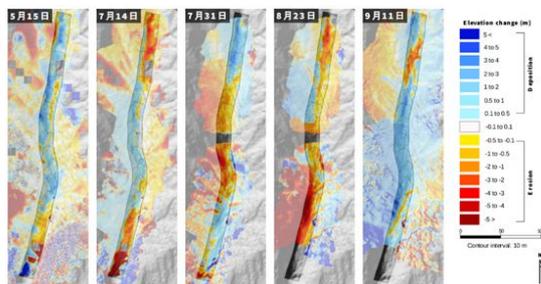


図-3 土石流流下に伴う地形変化(2015年)

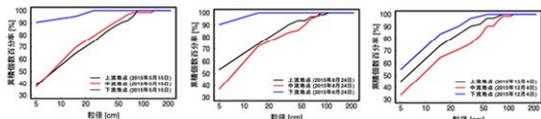


図-4 土石流の流下と地形変化に伴う河床材料の粒度分布の変化

評価が重要であると言える.

土石流の流動モデル(構成則)は, 以下のよう考えられている.

$$\tau = \tau_s + \tau_d + \tau_f \quad (1)$$

ここで, τ_s は粒子間の固体摩擦によるせん断応力, τ_d は非弾性衝突によるせん断応力, τ_f は間隙水の乱れによるせん断応力である. 混合粒径土石流においては, 微細土砂が間隙流体に取り込まれる(液相化)ことで, その流動性が変化することが指摘されている. このとき, 液相化は(1)式中の静的応力である τ_s に着目し, 間隙流体の密度上昇に伴う土石流の平衡状態における濃度(平衡濃度)の変化として評価され, 数値計算などに適用されてきた. しかしながら, 特に粒度分布の幅が広い研究対象地のような土石流発生域では, 粗礫による動的応力の変化も合わせて評価する必要があると考えられる. そこで, (1)式中の動的応力である τ_d, τ_f から抵抗係数を理論的に導出し, 平衡濃度と抵抗係数によって得られる土石流の代表粒径の違いを, 研究対象地での粒度分布を参照しつつ実験条件を設定し, 水路実験を実施することで比較した.

図-5に示す結果から, 平衡濃度より, 抵抗係数で評価した場合の方が土石流の代表粒径が大きくなることが明らかになった. このことは, 土石流中には, 接触摩擦には寄与するが衝突応力には寄与しない, 連行型の小粒径砂礫が, 液相化する微細土砂に加えて存在することを示唆している. 浸食・堆積に関しては τ_s が卓越するため平衡濃度を用い, 流下中は τ_d, τ_f が支配的であることから抵抗係数を用いて代表粒径を評価することで, 土石流数値シミュレーションの精度向上が期待できる.

さらに, 地形条件の影響を検討するために, 対象地を模した1次元土石流の数値計算も実施した. 同じ平均溪床勾配と堆積土砂量を与えたうえで, 溪床表面の起伏量のみ変化させた条件下で, 複数の浸食速度式を適用して感度分析を行ったところ, 土石流の流出ピークの大小は, 溪流の起伏量による浸食プロセスの差異を経て大きく変わり得ることが明らかになった(図-6). 土石流の発達域である大規模崩壊地では, 浸食による流出波形の非定常性が強く現れることがその要因であり, (1)で得られた結果とは異なり, 土石流の発達・流下を精度良く予測するためには, 地形解像度の高いDEMが必要となることを意味する.

(3)土砂堆積域の現地観測結果とモデル化

大谷崩で発生した土石流は, 直接安倍川流域に土砂を供給するわけではない. 長い流下距離を有する飽和土石流であっても, 一ノ沢末端に形成された土石流扇状地に最終的には捕捉され, その後の二次的な土砂移動によって安倍川流域に土砂が供給されると考えられる. したがって, 土石流扇状地の形成過程を明らかにし, 土石流扇状地の位置・形状を予測することが, 安倍川流域での土砂流出, 河床変動を評価するうえで重要となる.

安倍川流域において過去に航空レーザー測量、空中写真測量、植生調査（成長錘による扇状地の林分の樹齢構成、および樹幹断面に残った土石流痕跡調査）から、大谷崩末端での扇状地上の土石流の流下経路を推測したものを図-7に示す。土石流は扇頂に流入し堆積しつつ、下流方向へは複数の流路を取っていることが分かる。流下方向の変化が単一の土石流の流下中に起きるかどうかは現時点では不明であるが、土石流扇状地におけるこのような首振り現象を予測可能にすることが、流域への土砂供給量の予測にとって重要と考えられる。

このような土石流の首振り現象の発生機構についてはほとんど明らかになっていないため、扇状地水路における実験（SfMによる地形測量と、PIVによる表面流速の解析を実施）と、2次元の土石流数値シミュレーションの比較解析を実施した。土石流の数値計算では、格子法だけでなく、粒子法（MPS）もあわせて実施した。

図-8に示すように、均一粒径を土石流材料とした場合と、混合粒径を土石流材料とした場合では、実験結果が異なった。均一粒径では、最終形状までほぼ左右対称の土石流扇状地を形成し続けたのに対して、混合粒径では実験途中で複数回の首振りをも

経て土石流扇状地が形成され、実験ごとに最終形状も異なるものとなった。数値計算による再現（図-9）では、格子法では、扇状地における急激な堆積過程が十分に表現できないため、扇状地形成過程の再現性は悪かった。それに対して粒子法では、均一粒径の実験結果は、扇頂付近での跳水も含めて、良好に再現された。また、堆積に伴う運動量の移動を厳密に評価することで、その再現性は向上し

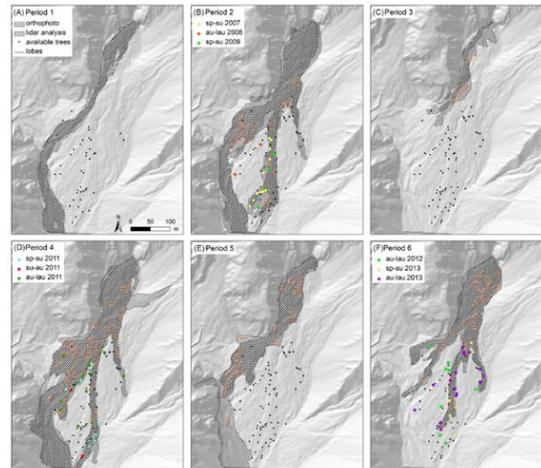


Fig. 7. Debris-flow paths for different periods as estimated by different remotely sensed methods and overlain by dendrogeomorphic data.

図-7 大谷崩下端に位置する扇状地上での土石流の流下方向の変化

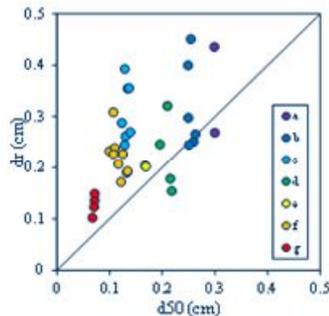


図-5 平衡濃度(d_{50})と抵抗係数(d_{tr})による土石流代表粒径の違い

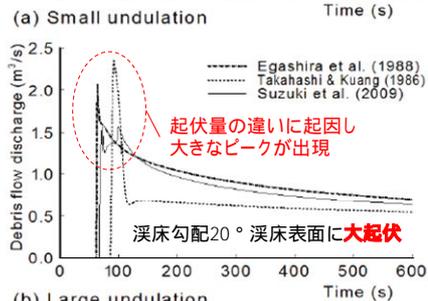
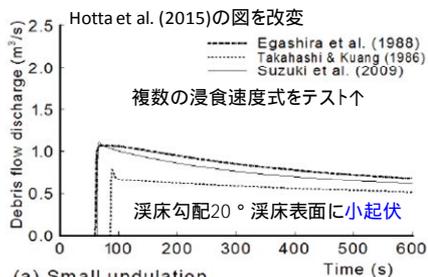


図-6 渓床起伏量と浸食速度式による土石流ピーク流量の違い

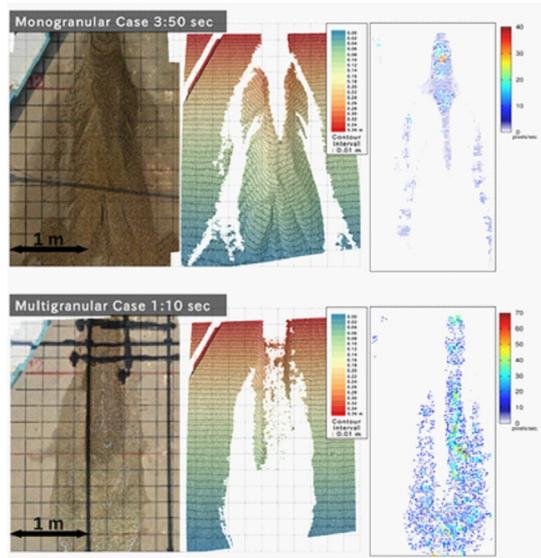


図-8 土石流の流況、堆積域、表面流速分布の変化（上：均一粒径，下：混合粒径）

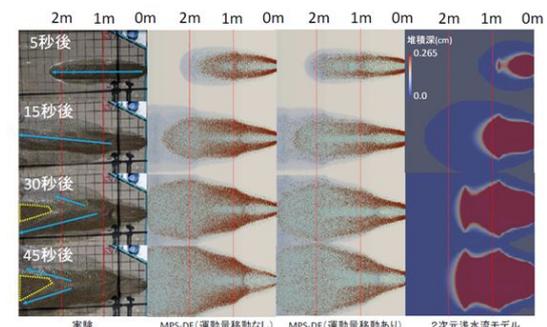


図-9 土石流扇状地の形成過程の比較

た。しかしながら、混合粒径土石流における首振りを伴う扇状地形成は再現されなかった。

実験結果の解析から、土石流の首振りは、混合粒径土石流の先端部に集積する粗礫が最初に堆積することで、扇状地の上流付近に不飽和帯が形成され、そこで発生する土石流から渓床に向かう浸透流によって引き起こされると考えられた。土石流中の有効応力が急激に増加することで、堆積が進行し、後続流が左右どちらかに向かうことで流路を確保するためである。土石流の数値シミュレーションでは基本的には代表粒径を与えて均一粒径として計算されることになるが、このような渓床における浸透過程を組み込むことで、均一粒径の取り扱いのまま、実際の扇状地形成を評価できる可能性がある。

流域末端における扇状地形成過程については一部課題も残ったが、以上によって、大規模崩壊地後の長期的な土砂動態を予測可能なモデルがほぼ構築できたとと言える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 12 件)

- (1) Suzuki T, Hotta N. 2016. Development of modified particles method for simulation of debris flow using constitutive equations. International Journal of Erosion Control Engineering, Vol. 9, No. 4, p. 165-173. 査読有
- (2) 鈴木拓郎, 堀田紀文, 岩田知之. 2016. 土石流の粒子法モデルの改良による高速化と侵食過程への適用. 第 8 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 193-198. 査読有
- (3) Imaizumi, F., Tsuchiya, S., Ohsaka, O. 2016. Behavior of boulders within a debris flow initiation zone, International Journal of Erosion Control Engineering, 9, 91-100. 査読有
- (4) Imaizumi, F., Trappman, D., Matsuoka, N., Tsuchiya, S., Ohsaka, O., Stoffel, M. 2016. Biographical sketch of a giant: deciphering recent debris-flow dynamics from Ohya landslide body., Geomorphology, 272, 102-114 査読有
- (5) Imaizumi, F., Tsuchiya, S., Ohsaka, O. 2016. Field observations of debris-flow initiation processes on sediment deposits in a previous deep-seated landslide site, Journal of Mountain Science, 13, 212-222. doi:10.1007/s11629-015-3345-9 査読有
- (6) 経隆悠, 堀田紀文, 今泉文寿, 早川裕式. 2016. 大規模崩壊地における土石流の流下と地形変化の関係. 中部森林研究, 第 64 号, pp. 117-120. 査読有
- (7) 増井健志・今泉文寿・土屋智・逢坂興宏. 2016. 2015 年 8 月 6 日の短時間強雨により大谷崩一の沢で発生した石礫型土石流, 中部森林研究, 64, 115-116 査読有
- (8) Hotta N, Tsunetaka H, Suzuki T. 2015. Interaction between topographic conditions and entrainment rate in numerical simulations of debris flow. Journal of Mountain Science 12, 1383-1394. doi: 10.1007/s11629-014-3352-2 査読有
- (9) 宍免憲樹・経隆悠・今泉文寿・土屋智・逢坂興宏. 2015. インターバルカメラを用いて撮影した大谷崩一の沢における石礫型土石流, 中部森林研究, 63, 137-140 査読有
- (10) 山川陽祐, 堀田紀文, 経隆悠. 2015. 南アルプス破砕

帯流域における水・土砂流出特性の解析 - 大井川水系・東河内沢流域における観測事例 - . 中部森林研究, 第 63 号, pp. 141-142. 査読有

- (11) 鈴木拓郎, 堀田紀文. 2015. 土石流の構成則に基づいた粒子法モデルの構築と堆積過程への適用. 砂防学会誌, Vol. 68, No. 1, p. 13-24. 査読有
 - (12) 経隆悠, 堀田紀文, 鈴木拓郎, 石川怜志. 2015. 地形条件が土石流の数値シミュレーションに及ぼす影響. 砂防学会誌, Vol. 68, No. 1, p. 3-12. 査読有
- 〔学会発表〕(計 32 件)
- (1) 増井健志, 横田優至, 経隆悠, 今泉文寿, 堀田紀文, 早川裕式, 逢坂興宏, 土屋智. 2017. 荒廃渓流源頭部において地形要因が土石流の流動特性へ与える影響. 平成 29 年度砂防学会研究発表会, 奈良春日野国際フォーラム(奈良県奈良市), 2017 年 5 月 24 日
 - (2) 横田優至, 増井健志, 経隆悠, 今泉文寿, 堀田紀文, 早川裕式, 逢坂興宏, 土屋智. 2017. 多地点観測による土石流段波の流動特性. 平成 29 年度砂防学会研究発表会, 奈良春日野国際フォーラム(奈良県奈良市), 2017 年 5 月 24 日
 - (3) 経隆悠, 堀田紀文, 今泉文寿, 早川裕式, 篠原慶規, 増井健志, 酒井佑一, 西口幸希, 日名純也. 2017. 三次元計測技術の土石流研究への適用性と課題. 平成 29 年度砂防学会研究発表会, 奈良春日野国際フォーラム(奈良県奈良市), 2017 年 5 月 24 日
 - (4) 酒井佑一, 堀田紀文, 長谷川裕治, 中谷加奈. 2017. 微細土砂を含む混合粒径土石流の応力構造. 平成 29 年度砂防学会研究発表会, 奈良春日野国際フォーラム(奈良県奈良市), 2017 年 5 月 24 日
 - (5) Sakai Y, Hotta N, Hasegawa Y, Nakatani K. 2016. Model calculation of the velocity of debris flows containing finer sediment. AGU Fall meeting 2016, San Francisco, USA, 2016 年 12 月 12 日
 - (6) Tsunetaka H, Hotta N, Sakai Y, Nishiguchi Y, Hina J. 2016. Influence of grain-size distribution of debris flow on formation of alluvial fan. International Debris Flow Workshop 2016, Kyoto, Japan, 2016 年 11 月 26 日
 - (7) Imaizumi F, Tsuchiya S, Ohsaka O, Kobayashi H, Miyagishima M, Hayakawa YS. 2016. Observation of river bed deformation by SfM using time lapse camera. International Debris Flow Workshop 2016, Kyoto, Japan, 2016 年 11 月 26 日
 - (8) 今泉文寿, 早川裕式, 堀田紀文, 経隆悠, 土屋智, 逢坂興宏. 2016. Temporal changes in debris flow characteristics and topography in a debris-flow initiation zone in Ohya landslide, Japan. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ(千葉県千葉市), 2016 年 5 月 22 日
 - (9) 早川裕式, 今泉文寿, 堀田紀文, 経隆悠. 2016. Morphological analysis of debris flow deposits in steep headwater channel using multi-temporal terrestrial laser scanning: a 4-year case study at Ohya-kuzure Landslide, central Japan. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ(千葉県千葉市), 2016 年 5 月 22 日
 - (10) 経隆悠, 堀田紀文, 今泉文寿, 早川裕式. 2016. Using an unmanned aerial vehicle to examine influence of topography on development of debris flows in a initiation zone of Ohya landslide, Japan. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ(千葉県千葉市), 2016 年 5 月 22 日
 - (11) 酒井佑一, 堀田紀文, 長谷川裕治, 中谷加奈, 嶋大尚, 黒田章雄, 鈴木拓郎, 内田太郎. 2016. 微細土砂が混合粒径土石流の応力構造に及ぼす影響について. 平成 28 年度砂防学会研究発表会, 富山県民会館(富山県富山市), 2016 年 5 月 18 日

- (12) 鈴木拓郎, 堀田紀文. 2016. 粒子法による土石流解析手法の適用性について. 平成 28 年度砂防学会研究発表会, 富山県民会館(富山県富山市), 2016 年 5 月 18 日
- (13) 増井健志, 今泉文寿, 土屋智, 逢坂興宏. 2016. 降雨パターンが荒廃溪流源頭部での土石流流動特性に与える影響. 平成 28 年度砂防学会研究発表会, 富山県民会館(富山県富山市), 2016 年 5 月 18 日
- (14) 経隆悠, 堀田紀文, 今泉文寿, 早川裕式. 2016. 小型無人航空機を用いた大規模崩壊地における地形変化が土石流に及ぼす影響の検討. 平成 28 年度砂防学会研究発表会, 富山県民会館(富山県富山市), 2016 年 5 月 18 日
- (15) Sakai Y, Hotta N, Hasegawa Y, Nakatani K, Suzuki T, Shima H, Kuroda A, Uchida T. 2015. The influence of fine sediment on the fluidity of debris flows based on the equilibrium concentration and friction coefficient. AGU Fall meeting 2015, San Francisco, USA, 2015 年 12 月 14 日
- (16) Tsunetaka H, Hotta N, Imaizumi F, Hayakawa YS. 2015. Influence of topography on debris flow development in Ichino-sawa subwatershed of Ohya-kuzure landslide, Japan. AGU Fall meeting 2015, San Francisco, USA, 2015 年 12 月 14 日
- (17) 経隆悠, 堀田紀文, 今泉文寿, 早川裕式. 2015. 大規模崩壊地における土石流の流下と地形変化の関係. 第 5 回中部森林学会 静岡大学農学部(静岡県静岡市), 2015 年 10 月 3 日
- (18) 増井健志・今泉文寿・土屋智・逢坂興宏. 2015. 2015 年 8 月 6 日の短時間強雨により大谷崩一の沢で発生した石礫型土石流. 第 5 回中部森林学会, 静岡大学農学部(静岡県静岡市), 2015 年 10 月 3 日
- (19) Hotta N, Kaneko T, Iwata T. 2015. The fluidity of debris flows affected by fine sediment in pore water. 6th International Conference on Debris-Flow Hazard Mitigation, つくば国際会議場(茨城県つくば市), 2015 年 6 月 22 日
- (20) Tsunetaka H, Hotta N, Imaizumi F, Hayakawa YS. 2015. Interaction between the river bed condition and characteristics of debris flow in the Ichino-sawa subwatershed of the Ohya-kuzure deep-seated landslide, Japan. 6th International Conference on Debris-Flow Hazard Mitigation, つくば国際会議場(茨城県つくば市), 2015 年 6 月 22 日
- (21) Suzuki T, Hotta N. 2015. Development of modified particles method for simulation of debris flow using constitutive equations. 6th International Conference on Debris-Flow Hazard Mitigation, つくば国際会議場(茨城県つくば市), 2015 年 6 月 22 日
- (22) Imaizumi F, Tsuchiya S, Ohsaka O. 2015. Behavior of boulders within a debris flow initiation zone. 6th International Conference on Debris-Flow Hazard Mitigation, つくば国際会議場(茨城県つくば市), 2015 年 6 月 22 日
- (23) 鈴木拓郎, 堀田紀文. 2015. 構成則に基づいた土石流の粒子法モデルの侵食堆積過程への適用. 平成 27 年度砂防学会研究発表会, 栃木県総合文化センター(栃木県宇都宮市), 2015 年 5 月 20 日
- (24) 経隆悠, 堀田紀文, 今泉文寿, 早川裕式, 宍免憲樹, 土屋智. 2015. 流域源頭部における土石流の発生および発達への影響要因. 平成 27 年度砂防学会研究発表会, 栃木県総合文化センター(栃木県宇都宮市), 2015 年 5 月 20 日
- (25) Imaizumi, F., Hayakawa, Y., Hotta, N., Tsunetaka, H., Tsuchiya, S. 2015. Interaction between riverbed condition and characteristics of debris flow in Ichino-sawa subwatershed of Ohya-kuzure landslide, Japan. EGU General Assembly 2015, Vienna, Austria, 2015 年 4 月 12 日
- (26) Tsunetaka, H., Hotta, N., Imaizumi, F., Hayakawa, Y. S.,

- Yumen, N. 2015. Interaction between riverbed condition and characteristics of debris flow in Ichino-sawa subwatershed of Ohya-kuzure landslide, Japan. EGU General Assembly 2015, Vienna, Austria, 2015 年 4 月 12 日
- (27) 宍免憲樹・経隆悠・今泉文寿・土屋智・逢坂興宏. 2014. インターバルカメラを用いて撮影した大谷崩「一の沢」における石礫型土石流. 第 4 回中部森林学会, 名古屋大学, 愛知県名古屋市, 2014 年 10 月 25 日
- (28) 山川陽祐・堀田紀文・経隆悠. 2014. 南アルプス破砕帯流域における水・土砂流出特性の解析. 大井川水系・東河内沢流域における観測事例. 第 4 回中部森林学会, 名古屋大学, 愛知県名古屋市, 2014 年 10 月 25 日
- (29) Imaizumi, F., Tsuchiya, S., Ohsaka, O. 2014. Field observations of debris-flow initiation processes on sediment deposits in a deep-seated landslide. 2014 International Debris-Flow Workshop, Tainan, Taiwan, 2014 年 10 月 2 日
- (30) Hotta N, Tsunetaka H, Suzuki T. 2014. Interaction between topographic condition and entrainment rate in numerical simulation of debris flow. 2014 International Debris-Flow Workshop, Tainan, Taiwan, 2014 年 10 月 2 日
- (31) Hayakawa YS, Imaizumi F, Hotta N, Tsunetaka H. 2014. Toward long-lasting disaster mitigation after huge landslide: high-definition topographic measurements of sediment production by debris flows in a steep headwater channel. The Inaugural conference of IGU commission, Taipei, Taiwan, 2014 年 9 月 15 日
- (32) Hayakawa YS, Imaizumi F, Hotta N, Tsunetaka H. 2014. Terrestrial laser scanning and structure from motion for analysis of landform changes by debris flows in Ohya-kuzure landslide, central Japan. AOGS 11th Annual Meeting, Royton Sapporo Hotel, Sapporo, Hokkaido, Japan, 2014 年 7 月 28 日 [図書] (計 1 件)
- (1) Hayakawa, Y.S., Imaizumi, F., Hotta, N., Tsunetaka, H. 2016. Towards long-lasting disaster mitigation following a mega-landslide: high-definition topographic measurements of sediment production by debris flows in a steep headwater channel. In: Meadows, M., Lin, J.C. (eds.) Geomorphology for Society, Springer Japan, Tokyo, 277 pp. ISBN: 978-4-431-55998-6, 125-147

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀田 紀文 (HOTTA, NORIFUMI)
筑波大学・生命環境系・准教授
研究者番号: 00323478

(2) 研究分担者

今泉 文寿 (IMAIZUMI, FUMITOSHI)
静岡大学・農学部・准教授
研究者番号: 80378918
早川 裕式 (HAYAKAWA, YUICHI)
東京大学・空間情報科学研究センター・准教授
研究者番号: 70549443
土屋 智 (TSUCHIYA, SATOSHI)
静岡大学・農学部・教授
研究者番号: 60197720
執印 康裕 (SHUIN, YASUHIRO)
宇都宮大学・農学部・教授
研究者番号: 60221305
山川 陽祐 (YAMAKAWA, YOSUKE)
筑波大学・生命環境系・助教
研究者番号: 20611601