

土石流挙動に河床条件や流下距離が及ぼす影響の実験的検討  
 Experimental Study on Debris Flows Behaviors  
 Focusing on Riverbed Roughness and Moving Distance

○中谷加奈・井原直紀・正岡直也・正木宏幸・畠俊郎

○Kana NAKATANI, Naoki IHARA, Naoya MASAOKA, Hiroyuki MASAKI, Toshiro HATA

Previous studies have been conducted on the behavior of debris flows targeting mountain slopes and natural river channels. On the other hand, there has been little research on debris flow behavior that focuses on river bed conditions such as roads and artificial channels which is smoother than natural slope or riverbed. In this study, we conducted channel experiment with 15 m length, 0.1m width and 18-degree slope. We applied two riverbed conditions, rough riverbed with small sand stuck on the board and smooth riverbed using decorative plate. On rough riverbed, collisions of sediment within the debris flow were observed. However, on the smooth riverbed, there were fewer collisions. Debris flows discharge and sediment concentration was larger and continuance time was shorter on smooth riverbed comparing with rough riverbed (128 words).

### 1. はじめに

土石流は流動性が高いことから被害の甚大度が大きく、被害軽減のために土石流挙動や影響範囲を明確にする必要がある。これまで山間部の斜面や自然河道を対象として、構成材料や規模による土石流挙動に関する既往検討は多数実施されている。一方で、河床条件や流下距離に着目した土石流挙動はほとんどされていない。

土石流の影響範囲の推定にはシミュレーションが有効なツールだが、適用モデルの多くは河床の凹凸が大きな自然河道を基に提案されている。粗度係数を用いて河床抵抗を表す領域では、一律の粗度係数を上流から下流まで設定することが多い。一方、山間部の住宅地では急勾配の道路や流路が設置されて、土石流の流下経路となる場合もある。道路や流路は河床の凹凸が少なく、自然河道と同

様の土石流挙動を示すのか知見が十分でなく、一律の粗度係数を設定して解析することにも疑問が残る。また、土石流の既往理論やシミュレーションでは平衡状態を想定して侵食・堆積やその挙動が検討される。しかし、土石流が発達して平衡状態に達したかを検証できる急勾配で且つ十分な長さを有する実験施設はこれまで存在しなかった。

本研究では、河床条件が土石流挙動に及ぼす影響を実験により明らかにすることを目的とした。流下距離にも着目したが、紙面の制約により本稿では河床条件の違いのみを考察する。

### 2. 実験

実験施設は広島大学東広島キャンパス敷地内の水路長 15m(上端の整流槽 1m 含む)、水路幅 0.1m、可変勾配の直線矩形水路を用いた (図 1)。

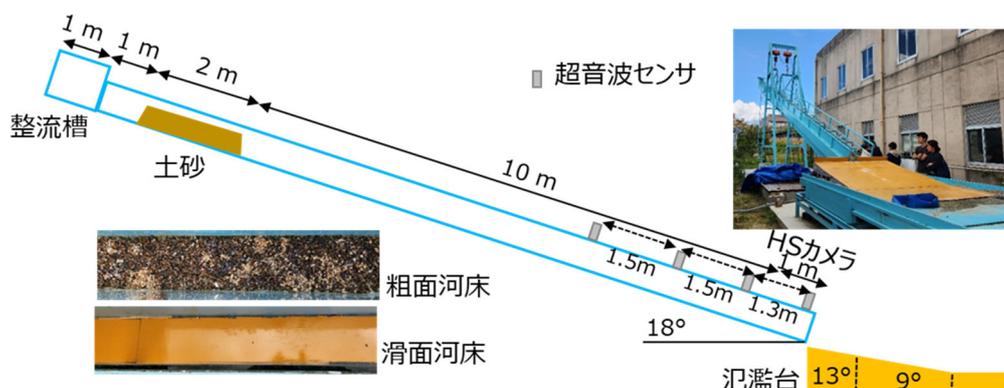


図 1 実験施設の概観

本研究では水路勾配を 18 度とした。水路下流には取り外しが可能な 13 度、9 度、水平部からなる氾濫台が設置される。

実験は珪砂 4 号 (平均粒径  $d_m=1.2-0.6\text{ mm}$ ) を重量比 44 % (11 kg)、朝明砂 ( $d_m=2.3\text{ mm}$ ) を重量比 44 % (11 kg)、玉石 ( $d_m=10\text{ mm}, d_{\text{Max}}=12.5\text{ mm}$ ) を重量比 12 % (3 kg) 混ぜた計 25 kg の土砂 (全体  $d_m=1.7\text{ mm}$ 、 $\sigma=2.64\text{ g/cm}^3$ ) を使用した。水路下端から 11m 地点を下流法尻として約 2m 長で天然ダム状に土砂を敷き、実験前は十分散水して飽和に近い状態とした。一定流量  $800\text{ cm}^3/\text{s}$  を供給して、天然ダムの越流侵食により土石流を発生させた。全土砂が流出 (天然ダムの天端越流開始から概ね 7-9s) した後、2.5s 経過時に給水を停止した。

河床には二種類の粗度板を用いた。自然河道を想定した朝明砂  $d_m=2.3\text{ mm}$  を全体に張り付けた粗面河床と、道路や人工的な流路を想定した凹凸が小さい化粧板を用いた滑面河床である。

水路下端から 1m の位置にハイスピードカメラを設置して側面から流下状況を撮影した。水路下端から 0.2m、1.5、3.0、4.5m の位置に超音波センサを設置して流動深を記録した。水路下端に氾濫台を設置したケースは堆積状況を比較した。氾濫台を外したケースは、水路下端からの土石流流出開始から土砂流出がなくなるまで、粗面河床は 2s 間隔で 9s まで、滑面河床は 1s 間隔で 6s まで、水 + 土砂を直接採取して、流量と土砂濃度を記録した。再現性確認のため、同条件で複数回の試行を実施している。

### 3. 結果

超音波センサで得た流動深の一例を図 2 に示す。ピーク値は粗面、滑面とも 40mm 前後で差はないが、各センサに到達するピークの時間差は粗面で約 1s、滑面で 0.5s である。ピーク後、粗面は 15s 程度かけて流動深が徐々に低下するが、滑面は約 5s で急激に流動深が低下する。

水路下端で直接採取した土石流の土砂濃度を図 3 に示す。粗面は流出開始後 1-7s まで概ね 0.4 で推移し、9s で濃度 0.25 まで低下して、図中には示されないが 9s 以降は土砂流出がなかった。滑面は 1-3s まで 0.5 と粗面より高濃度で、その後で濃度が急減して、6s で土砂流出がなくなった。

氾濫台を設置した堆積状況を図 4 に示す。粗面は土石流の到達距離が短く、分級が生じて、上流

側と堆積の側方外縁部に細かい土砂が多く分布するが、滑面は粗面よりも到達距離が長く、分級が生じず、堆積土砂の粒度分布は比較的均一だった。

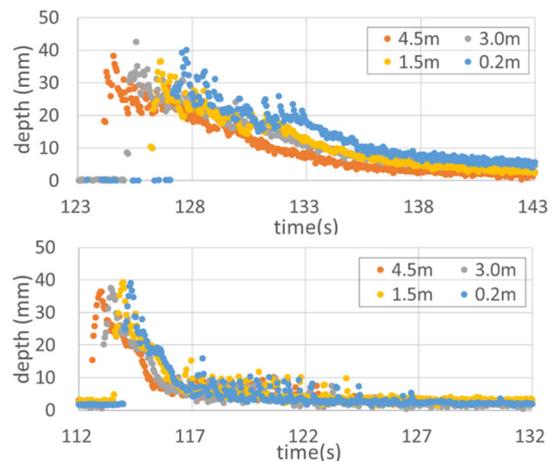


図 2 超音波センサで得た流動深の一例 (上段: 粗面河床、下段: 滑面河床、凡例は下端からの距離)

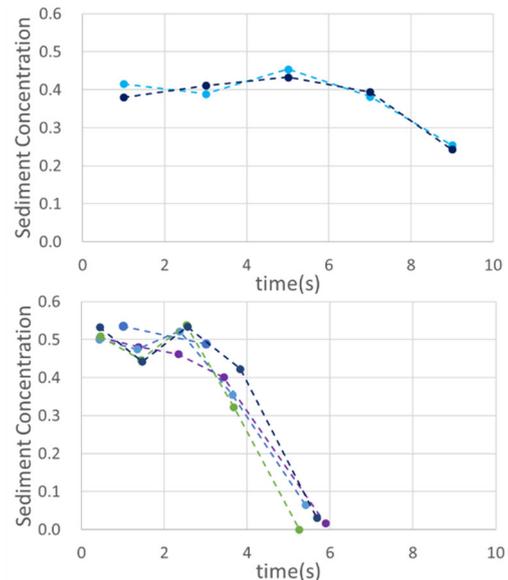


図 3 水路下端の土砂濃度 (上段: 粗面河床、下段: 滑面河床、下端からの流出開始時を 0s とした)



図 4 氾濫台の堆積状況の一例 (上段: 粗面河床、下段: 滑面)