

## 2021年7月に熱海市で発生した泥流災害

### Mud Flow Disaster in Atami City, July 2021

竹林洋史・藤田正治

Hiroshi TAKEBAYASHI and Masaharu FUJITA

#### Synopsis

Field observations and numerical simulations were conducted to clarify the flow characteristics of mudflows in the Aizome River basin, Atami City, where multiple mudflows occurred on July 3, 2021. Additionally, evacuation methods from mudflows in a residential area with a high-risk valley of sediment disaster was discussed. The results show that the Aizome River basin has a well-defined valley topography, and the mudflows were not spread out much across the valley, but flowed within a width of 80 m or less. This indicates that evacuation is possible only by moving several tens of meters in the direction perpendicular to the flow direction.

**キーワード:** 泥流, 熱海, 現地調査, 数値解析, 土砂災害

**Keywords:** Mud flow, Atami, Field observation, Numerical analysis, Sediment disaster

#### 1. はじめに

熱海市逢初川流域で2021年7月1日午前1時ごろから降り始めた雨は、2021年7月3日午後2時ごろまで降り続き、雨が降り止む約3時間半前の7月3日午前10時27分の少し前に最初の泥流が逢初川流域の宅地上流部の家屋を流出させた。その約100分後の12時10分までの間に少なくとも8回の泥流が

発生し、多くの家屋が被災するとともに、死者26名、行方不明者1名の人的被害も発生した。

本報告では、2021年7月3日に複数回の泥流が発生した熱海市逢初川流域の泥流の流動特性について現地調査及び数値シミュレーションを実施するとともに、土砂災害危険度の高い谷地形の宅地における泥流からの避難方法について検討したものである。

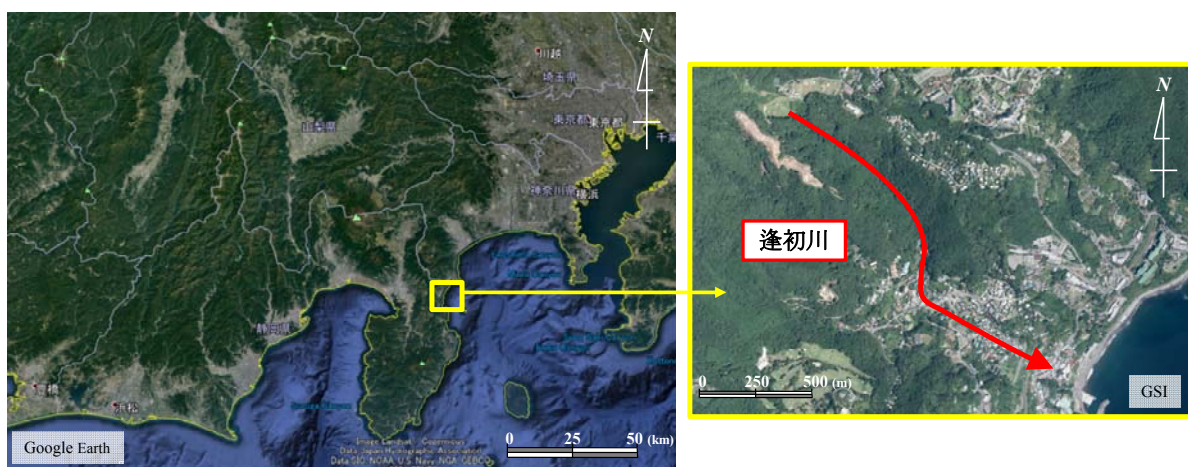


Fig. 1 Location of Aizome River basin in Atami



Fig.2 Sediment disaster warning area in the surrounding area of Aizome River basin

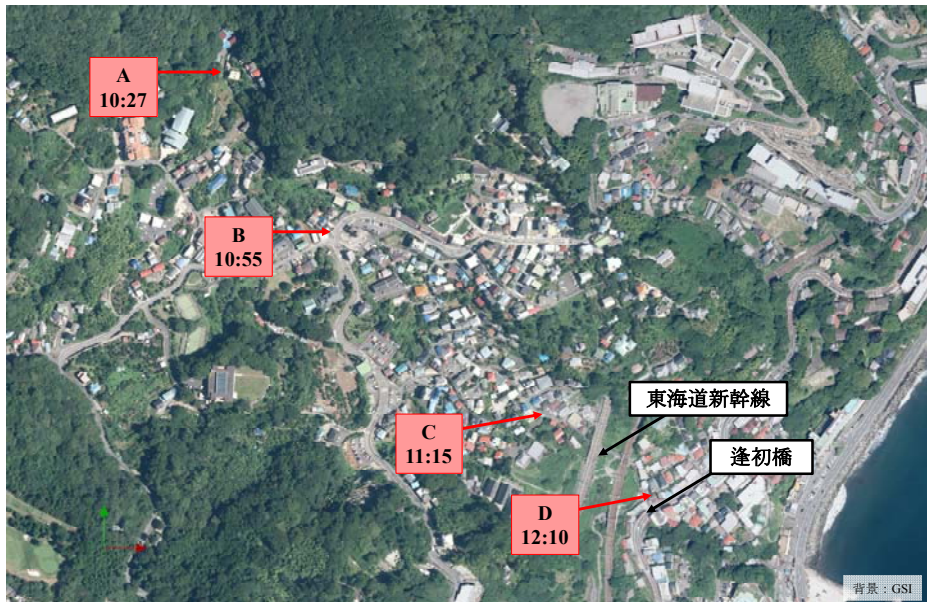


Fig.3 Location and time of mudflows

## 2. 対象地域の概要

Fig. 1 に示すように、熱海市伊豆山地区は静岡県東部の神奈川県との県境に位置しており、JR 熱海駅から北に約 1km の場所である。Fig.2 は伊豆山地区がある逢初川流域を含む周辺地域の土砂災害警戒区域を示す。泥流が発生した逢初川流域も土砂災害警戒区域が設定されており、図の中で濃い黄色で示されている領域である。つまり、対象地域は土砂災害の危険度が高い地域であることがわかる。逢初川流域は明確な谷地形であるため、土砂災害警戒区域も逢初川に沿って細長い形状となっている。また、土砂災害警戒区域は海岸まで続いている。これは、海岸まで地盤勾配が急であることを示しており、泥流が海岸域まで到達する可能性があることを示している。

濃い黄色で示された領域の上流端にわずかであるが赤で示された土砂災害特別警戒区域がある。対象地域周辺は多くの土砂災害警戒区域があるとともに、それらの土砂災害警戒区域の内の 3 つが逢初川流域の土砂災害警戒区域の下流域で重複しており、被災領域の下流部は特に土砂災害の危険度が高いことがわかる。

## 3. 泥流の実態

Fig.3 に現地の住民や消防団などによって泥流が確認された場所と時間を示す。宅地に最初に流れ込んだ泥流が確認されたのは、Fig.3 に「A」として示している場所において 7 月 3 日午前 10 時 27 分少し前である。Fig.3 に「B」として示している場所で 10



(a) Location B, 10:55 am

(b) Location C, 11:15 am



(c) Location D, 12:10 am

Fig.4 Recorded mudflows

時 55 分に撮影された泥流の動画をキャプチャーしたものを Fig.4 (a) に示す。えんじ色のビルの奥側（南側）を黒色の泥流が流れている。動画から得られた泥流の流速は約 8m/s であった。2013 年に伊豆大島で発生した泥流の数値シミュレーションで得られた泥流の流速は平均 14m/s で場所によっては 20m/s を超えており、「B」地点で観測された泥流の流速は、泥流としては比較的低速である。これは、上流で既に多くの家屋を破壊しながら流れてきたためと考えられる。なお、Fig.4 (a) に示す泥流は、宅地に最初に泥流が流れ込んだ時刻から約 30 分経過しており、Fig.3 の「A」で確認された泥流とは異なる。Fig.3 に「C」として示している場所で 11 時 15 分に撮影された泥流の動画をキャプチャーしたものを Fig.4 (b) に示す。Fig.4 (b) に示す泥流は、Fig.4 (a) に示す泥流が確認されてから約 20 分経過しており、両泥流は異なるものである。Fig.4 (b) の泥流の下流部は 11 時 15 分よりも前に既に流れてきていた泥流で

ようど Fig.4 (b) に示す地点で停止していた。一方、Fig.4 (b) の泥流の上流部は撮影時に流れてきた泥流である。つまり、Fig.4 (b) は停止していた泥流の上を別の泥流が覆い被さるように流れてきている状況を示している。Fig.3 に「D」として示している場所で 12 時 10 分に撮影された泥流の動画をキャプチャーしたものを Fig.4 (c) に示す。泥流は家屋を破壊するとともに、逢初橋の高欄を乗り越えて逢初川に流れ込んでいる。

以上のように、泥流は大きなものが 1 回発生して海岸まで流れたのではなく、比較的小規模なものが間欠的に複数回発生したと考えられる。また、泥流は Fig.5 に示すように、家屋などの建物に衝突する過程で減速しながら停止し、次の泥流が先に流れて停止した泥流上を流れ、停止した泥流を取り込んで規模を拡大させながらさらに下流に流れて家屋などの建物に衝突する過程で減速して停止するプロセスを繰り返しながら海岸まで到達したと考えられる。ま

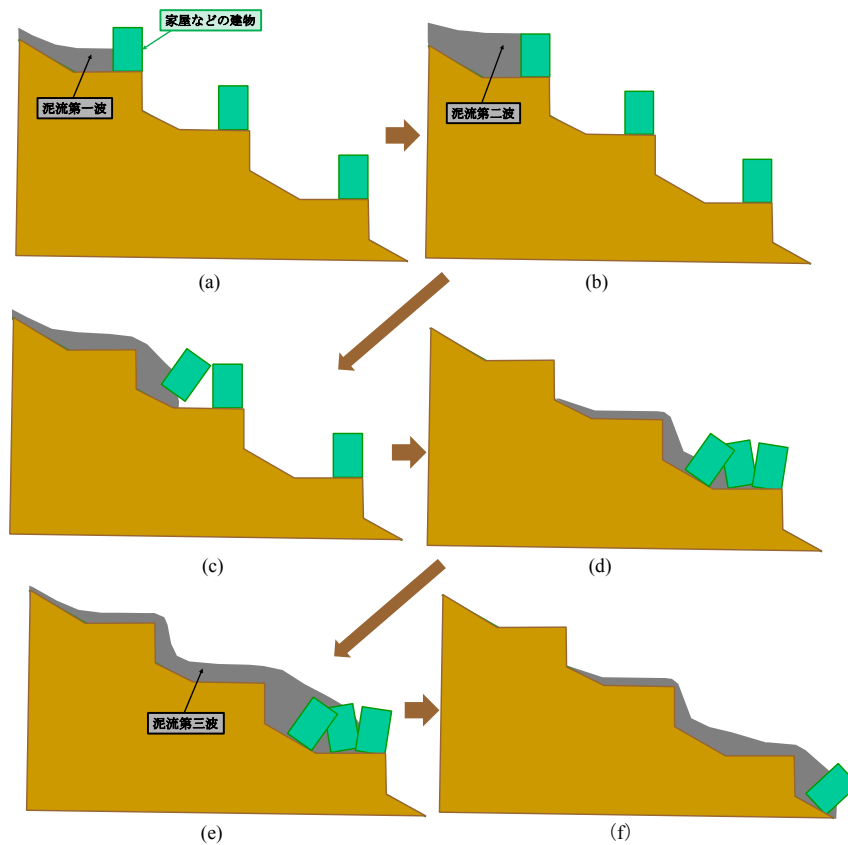


Fig.5 Relationship between mudflow downstream propagation and destruction of buildings

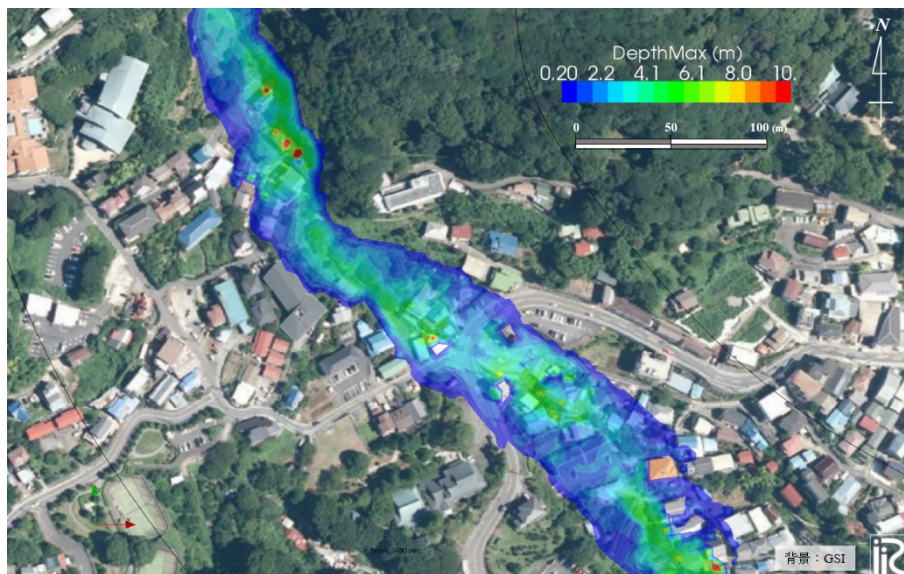


Fig.6 Spatial distribution of maximum flow depth

た、Fig.3 に「C」や「D」として示している場所に泥流が到達したのは、宅地に最初に流れ込んだ泥流が確認されてから約 50 分後と約 100 分後である。これらの場所においても人的な被害が発生している。これより、リードタイムが十分に確保できたとしても人的被害をゼロにすることは難しいことがわかる。避難せずに自宅に留まった理由は様々あると考えられるが、下流域の男性住民によると、上流域で発生

している状況がイメージできていればより速やかに避難していたとのことである。つまり、上流域で土石流や泥流が発生したという状況を言葉のみで聞いても現在の自分が被災リスクが高い状態なのかどうか実感できないことが自宅に留まっていた理由の一つと考えられる。そのため、上流域で発生している現象を住民がより速やかに認識・理解するために、土砂災害警戒区域が設定されている溪流では上流に

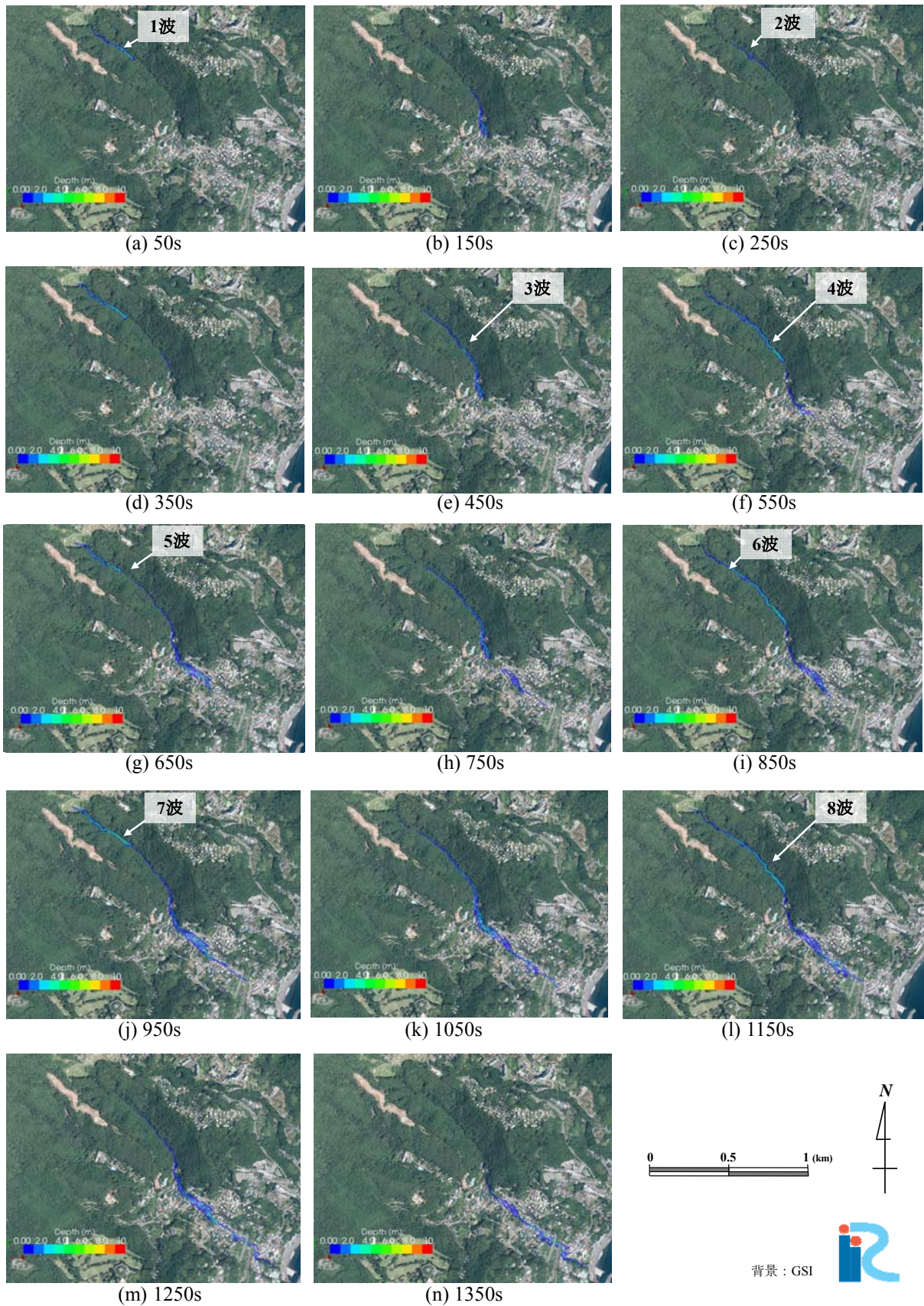


Fig.7 Spatiotemporal distribution of flow depth

複数のカメラを設置し、下流域の住民がスマートフォンやテレビなどで上流の様子を視覚的に確認でき

るようなシステムの導入が有効と考えられる。

#### 4. 泥流の数値シミュレーション

熱海市伊豆山地区で発生した泥流の流動特性を明らかにするため、泥流の数値シミュレーションを実施した。解析に用いた数値シミュレーションモデルは、平面二次元流れの基礎式による土石流・泥流シミュレーションモデルである (Takebayashi & Fujita, 2020)。初期地盤高は 2019 年に静岡県によって測量された DEM データを用いる。道路や家屋の形状をある程度表現するため、平均格子サイズは 2m とした。泥流は少なくとも宅地に 8 回流れてきているため、斜面崩壊は 8 回発生させた。

Fig.6 は泥流が 8 回流れた後の各地点での最大流動深の値を示す。泥流の最大流動深は建物の上流などで局所的に 10m を超える場所もあるが、多くの場所は 6m 以下である。泥流の流動幅は 50m~80m となっており、明確な谷地形が形成されているため流動幅が狭い。これは、溪流・河川の流れ方向に対して直角方向（横断方向）に数十メートル移動するだけで避難できることを示している。これらのことから、谷地形が発達している土砂災害危険地域については、溪流・河川横断方向に容易に移動できる道路を整備するとともに、溪流の流れに対して直角方向に数十メートル移動するだけで避難できることを住民に認識して頂くことにより、泥流による人的被害を大きく減少できる可能性があると考えられる。

Fig.7 は泥流の深さの時間的な変化を示す。泥流は、一気に海岸域まで流れたのではなく、家屋などの建物に衝突する過程で減速しながら停止し、次の泥流が先に流れて停止した泥流を浸食して自身に取り込んで規模を拡大させながらさらに下流に少しずつ伝播して行った。

#### 5. おわりに

2021 年 7 月 3 日に複数回の泥流が発生した熱海市伊豆山逢初川流域の泥流の流動特性について調査研究を実施するとともに、土砂災害危険度の高い谷地形の宅地における泥流からの避難方法について検討した。得られた成果をまとめると以下のようなものである。

(1) 対象流域は明確な谷地形が形成されており、泥流は横断的にはあまり広がらず、幅 80m 以下の範囲で流れている。これは、溪流・河川の流れ方向に対して直角方向（横断方向）に数十メートル移動するだけで避難できることを示している。これらのことから、谷地形が発達している土砂災害危険地域につ

いては、溪流・河川横断方向に容易に移動できる道路を整備するとともに、溪流の流れに対して直角方向に数十メートル移動するだけで避難できることを住民が認識することにより、泥流による人的被害を大きく減少できる可能性があると考えられる。

(2) 下流の新幹線や JR 周辺で泥流による人的被害が発生したのは、上流域で最初に泥流が確認されてから約 50 分後と約 100 分後である。これは、下流域の住民が上流域で発生している現象を正確にイメージできておらず、被災リスクが高い状況であることを理解していなかった可能性がある。そのため、上流域の様子をスマホやテレビなどを使って自宅などで確認できるカメラの設置など、容易に上流域で発生している現象をイメージできるシステムが必要と思われる。

(3) 泥流は単発で大規模なものが発生したのではなく、小規模の泥流が複数回発生することによって結果的に大きな被害が発生させた。個々の泥流は家屋数軒を破壊した後下流の家屋まで到達した時点で停止して土砂を堆積させ、その堆積した土砂を次の泥流が浸食して規模を大きくしながら家屋を数軒破壊してさらに下流の家屋に到達した時点で停止するプロセスの繰り返しで下流に伝播したと考えられる。

#### 謝辞

熱海市の住民の皆様から発災時の多くの情報をご提供頂いた。また、静岡県、熱海市（危機管理室、消防第四分団など）、アジア航測、パシフィックコンサルタンツ、NHK、朝日新聞、読売新聞、山口大学・山本教授から、各種データ・被災の状況など、詳しい情報をご提供頂いた。ここに記して感謝致します。

#### 参考文献

Takebayashi H., Fujita, M. (2020) : Numerical Simulation of a Debris Flow on the Basis of a Two-Dimensional Continuum Body Model. *Geosciences*, 10, 45.

(論文受理日 : 2022 年 8 月 31 日)