

富士山大沢崩れの土砂移動実態調査

竹内昭浩¹

¹中部地方整備局 富士砂防事務所 調査・品質確保課 (〒418-0004 静岡県富士宮市三園平1,100)

富士山大沢崩れは日本有数の大崩壊地であり、崩壊した土砂は土石流となって流出しこれまで被害が発生している。富士砂防事務所では土石流対策、発生源対策として「大沢川遊砂地」の整備及び「大沢川源頭域調査」の事業を実施している。崩壊・流出土砂量を推定するための計測は、昭和44年から毎年実施しており、流出土砂量は年平均約15万m³と推定され、これまでの計測成果で崩壊・堆積・流出土砂量の推定はできたが、下流域に至る土砂移動実態の定量的な把握はできていない。土砂移動実態を把握するための新たな調査体制について報告するものである。

キーワード 土砂移動の実態把握、航空レーザ計測、DMC、ハイドロフォン、微地形判読

1. はじめに

富士山大沢川の源頭部にある大沢崩れは、山頂の剣ヶ峯から標高2,200m付近に位置する長さ約2,000m、最大幅約500m、最大深さ約150mの巨大な崩壊地である。富士砂防事務所では、この大沢崩れに起因する土砂災害を防止するために、昭和44年から39年間にわたり、土石流の発生源である崩壊地の変化と土石流の規模や流下過程を把握するための各種モニタリングを実施してきた。

本報では、それらモニタリングの概要を示した上で、航空レーザ計測及び高解像度デジタル航空カメラ（以下、DMCと略す）による観測結果を記す。次いで、大沢崩れにおける地盤条件と航空レーザ計測により得られた土砂変動特性の関連性の検討結果を報告する。

また、大沢川扇状地より下流へと流出する土砂の定量的な把握を目的として、大沢川橋に設置されているハイドロフォン等を用いたモニタリングの状況について報告する。

2. 大沢川における各種モニタリング

図-1および表-1に、富士山大沢川において実施している観測手法および観測項目、観測地点を示す。当事務所では、これら複数の観測を実施することにより、富士山大沢川の経年的な変動状況を監視し、大沢崩れにおける崩壊・土石流発生等の機構を調査している。

表-1 大沢川で実施している各種観測

観測手法	観測項目
航空レーザ計測	源頭域～扇状地における土砂変動量
高解像度デジタル航空カメラ撮影	源頭域に存在する開口亀裂
ITVカメラ観測	岩樋下流端・大沢川橋における流量・土石流量
流砂観測	大沢川橋における流砂量・粒度構成

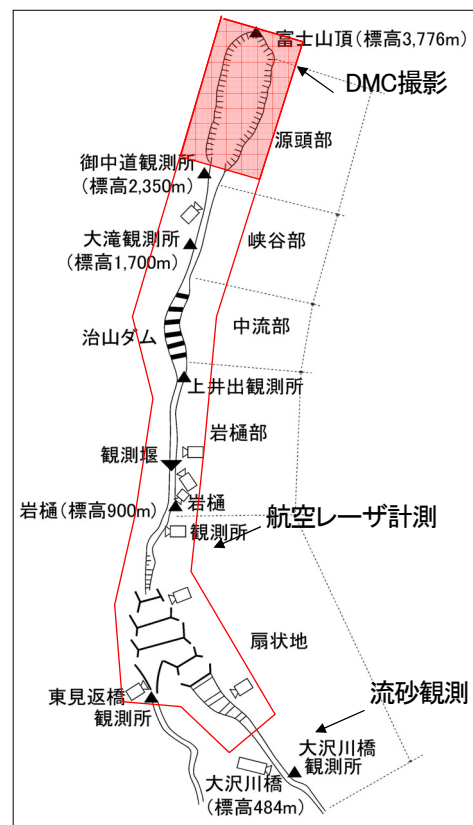


図-1 大沢川で実施している各種モニタリング

3. 航空レーザ計測による大沢川土砂変動量算出

結果

当事務所では、昭和44年から毎年空中写真測量を、平成18年からは航空レーザ計測を実施しており、2時期の計測結果を比較することで、大沢崩れの崩壊の拡大量や溪床の堆積量等を把握している。その一例として、図-2に、平成19～20年の1年間における大沢崩れにおける土砂変動量図を示す。また図-3に、近年（平成11～20年）の溪床部堆積土砂量の経年的変化を示す。

以下に、その計測結果をもとに考察した結果を要約する。

- ・平成19～20年の一年間で、斜面（S1～S9）から10.9万m³の土砂が生産され、溪床部（V1～V6）に3.7万m³の土砂が堆積した（図-2）。そして差分の7.2万m³の土砂量が、源頭部下流端より流出した。
- ・斜面からの土砂供給により、溪床部に毎年約5～10万m³の土砂が堆積する（図-3）。そして、溪床部への堆積土砂量が約20～30万m³に達したときに、土石流（流出土砂量約20万m³）が発生する傾向にある。平成20年には土石流が発生した平成16年時点と同程度の土砂が溪床部に堆積していることから、土石流の発生に注意が必要である。

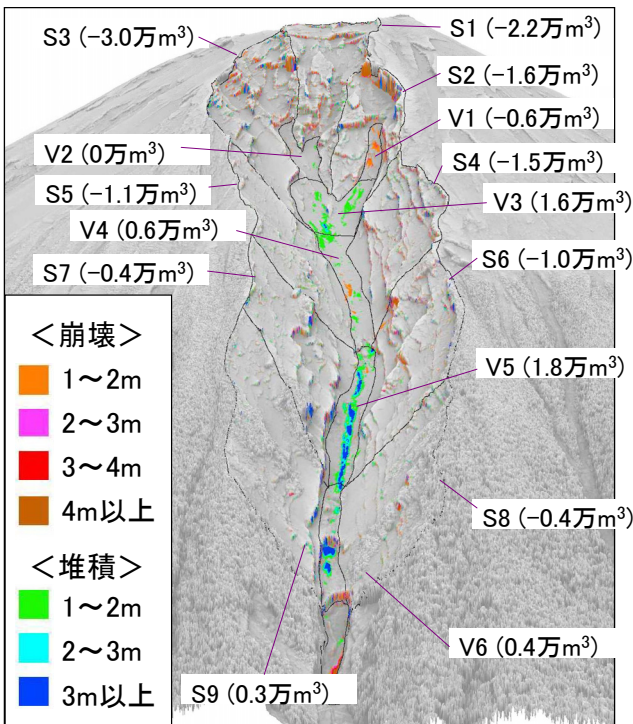


図-2 土砂変動量図（平成19～20年）

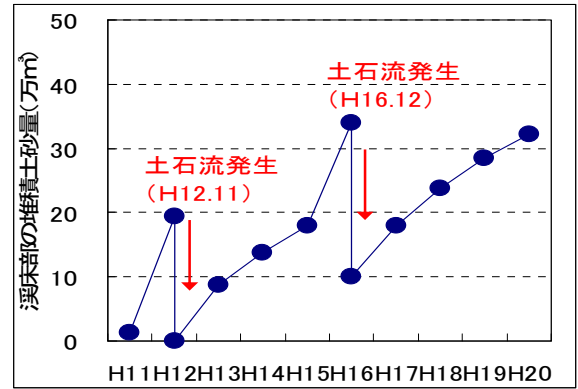


図-3 溪床部堆積土砂量の推移（平成11～20年）

4. 高解像度デジタル航空カメラによる開口亀裂の判読結果

大沢崩れの微視的な地形状況を把握することを目的として、平成20年にDMCを用いた高解像度デジタル画像（解像度1億画素）の撮影を行った。その結果、DMC画像に標高2,500m付近より上部の溶岩層に発達する開口亀裂が複数撮影されていることが判明した（図-4、表-2）。開口亀裂は、溶岩層の初生的な亀裂が凍結融解作用や亀裂への砂の充填等による二次的な風化過程で形成されたものであり、地山と分離したブロックが剥離・落下するタイプの崩壊の要因となっている。したがって、開口亀裂の位置、数、長さ、幅、出現・消失の有無等を経年的に調査することが重要である。しかし、これまで現場が高標高かつ急崖であることから、無数に存在する開口亀裂の位置や諸元の全容を現地踏査によって調べるのが困難であった。

今回の調査で、DMCから得られる航空デジタル画像をもとに開口亀裂の判読を面的に行うことができる可能性を示せたことから、今後、DMCによる判読結果と現地調査結果とを照合しつつ、DMCによる開口亀裂のモニタリング手法を確立させていきたいと考えている。

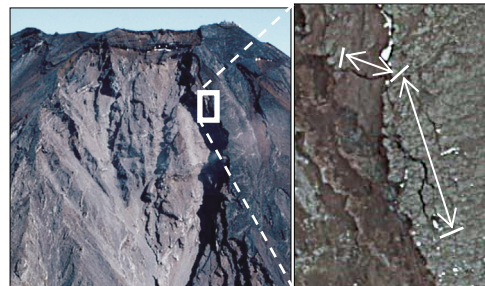


図-4 DMC画像をもとに抽出した開口亀裂の例（表-2に亀裂番号⑤として示した開口亀裂）

表-2 DMCで判読した開口亀裂の諸元

亀裂番号	左右岸の別	標高 (m)	長さ (m)	亀裂幅 (m)	稜線からの離隔距離 (m)
①	右岸	3,390	12	0.15~0.30	3.1
②	右岸	3,310	19	0.15~0.30	3.2
③	右岸	3,250	7	0.15~0.30	1.9
④	左岸	3,460	14	0.15~0.30	3.8
⑤	左岸	3,440	35	0.10~0.30	3.6

5. 大沢崩れにおける地盤条件と崩壊の関係について

大沢崩れは、玄武岩質溶岩と火山砕屑岩層の互層からなる急崖である。火山砕屑岩層が凍結融解作用、雨水によって侵食されることにより溶岩層がオーバーハング状態となり、その進行とともに自重に耐えきれずに崩落する。ここでは、このような源頭部における崩落現象と溶岩層の傾斜、厚さ、オーバーハング量の間に関係があると推定し、崩壊機構の定性的把握を目的にそれらの関係を調査した上で、航空レーザ計測結果と併せて考察した。

5.1. 溶岩層の傾斜量とオーバーハング臨界量の関係

溶岩層を一定の直方体に近似し、一定の角度に傾けたときに、重心から下ろした垂線と底辺の交点の直下が空洞（オーバーハング）であったら崩落するというモデルを想定した（図-5）。このモデルに基づき、溶岩層の割れ目間隔を300cmと一定と仮定した場合、溶岩層の傾斜とオーバーハング臨界量の関係は図-6のようになった。この図から、以下のことが言える。

- ・受け盤の方が流れ盤よりも相対的に安定している。
- ・受け盤では溶岩層が厚い方がより安定であるのに対して、流れ盤では薄い方がより安定である。

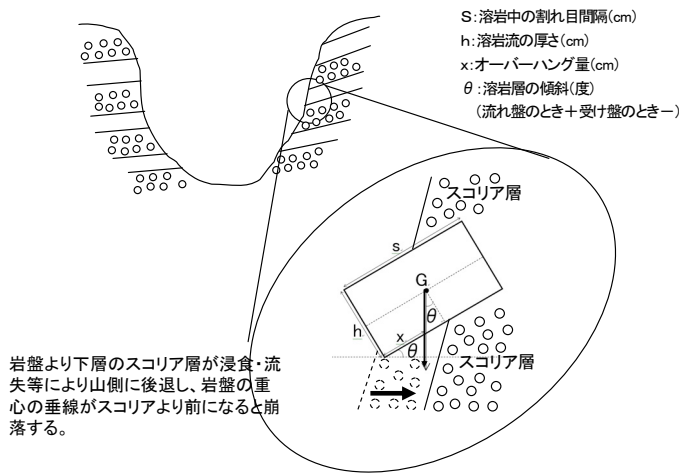


図-5 溶岩層の静力学的モデル

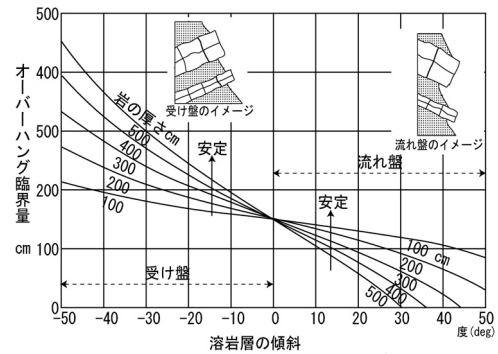


図-6 溶岩層の傾斜とオーバーハング臨界量の関係

5.2. 大沢崩れの地盤条件と航空レーザ計測結果との比較結果

現地調査時の観察と、空中写真判読、地質図を参考に、大沢崩れにおける地盤区分図を作成した（図-7）。地盤区分の中で、受け盤型安定斜面と流れ盤型薄層安定斜面、流れ盤型塔立斜面の3種を特に示した。この地盤区分図と航空レーザ計測から得られた土砂変動特性を比較した結果、以下のことが明らかとなった。

- ・標高3,300~3,600mの大沢崩れの両岸部には、“流れ盤型厚層不安定斜面”が存在する。一方、航空レーザ計測結果によると最も激しい崩壊は、この流れ盤型厚層斜面の下流端で発生している。流れ盤斜面は、斜面傾斜と溶岩層の傾斜が一致していることが多く、溶岩層が薄いときには安定であるが、厚いと非常に不安定となることを示している。
- ・標高3,300~3,500mの大沢崩れの中央部には、“受け盤型安定斜面”が存在する。航空レーザ計測結果をみても、やはりこの受け盤斜面における変動量は相対的に少ない。

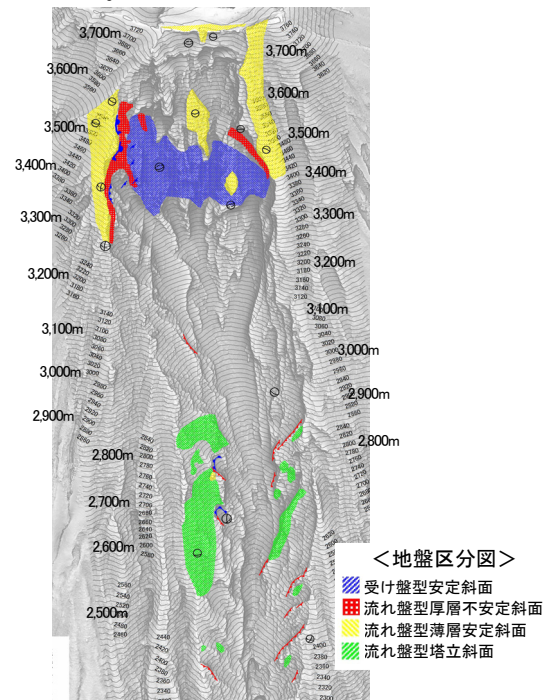


図-7 大沢崩れにおける地盤区分

6. ハイドロフォンによる流砂量観測

当事務所では、流砂系における総合的な土砂管理のために、大沢川岩樋下流端～大沢川橋間を移動する土砂の量・質を定量的に把握することを目的とし、主に水位・流量・流速に関してモニタリングを実施してきた。流砂観測としては、採水による浮遊砂の観測と平成12年度に設置した掃流砂観測柵により土砂を直接捕捉し計測を行ってきたが、出水初期に柵が満砂するため、出水ピーク時のデータが採取できない状況であった。

平成18年度からは掃流砂を継続的に観測できる観測手法として、流砂量を間接的に計測するハイドロフォンを設置しモニタリング調査を実施している。(図-8)

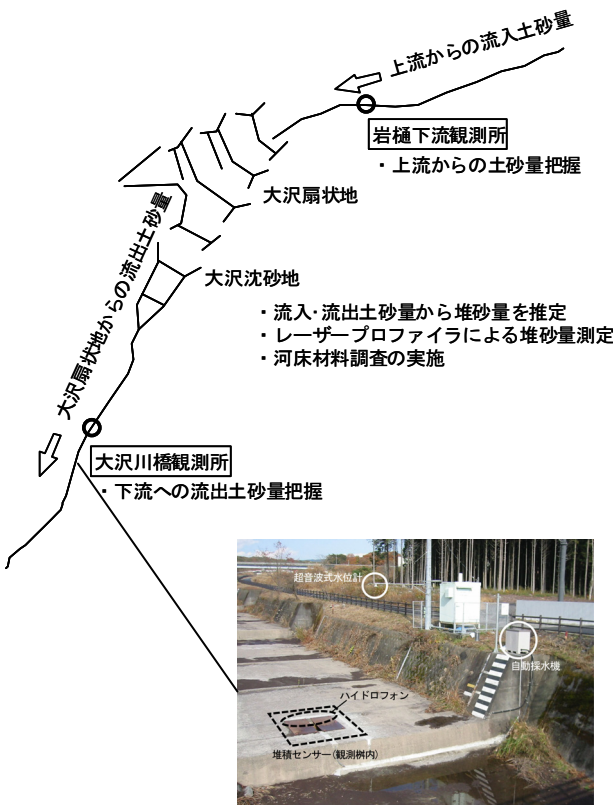


図-8 ハイドロフォン設置状況

ハイドロフォンとは、マイクロフォンの付いた空洞の円管を河床に埋め込んだもので、河床を転がる礫が管にあたったときの音響を感知して信号に変換、波形処理等を行うことにより河床を転がる礫の個数を計測している。(図-9)

ハイドロフォンの観測結果（カウント数）と観測柵の堆積物を比較し感度特性を把握すること及び、水位・流量の観測結果と重ねることにより、ハイドロフォンによる流砂量の観測が可能になる。

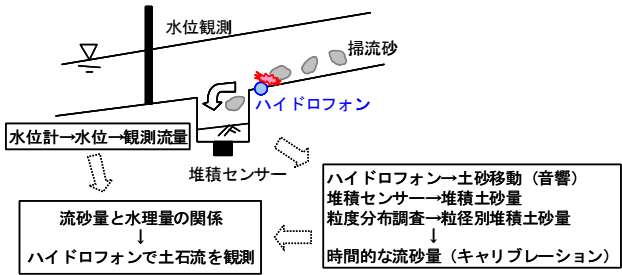


図-9 ハイドロフォン観測イメージ

設置よりこれまで大規模な出水は発生していないが、大沢川では普段流水が全くないこともあり小規模出水でのデータについて図-10,11,12に示す。

図-10は水位と流砂（ハイドロフォンの単位時間当たりパルス数）の関係について示したもので、両者の動きに関係があることは明らかである。また、図-12に示すように、パルス数の累計と堆砂量の増加に一定の傾向が見られた。このように、ハイドロフォン観測結果と観測柵による流砂量観測により、出水時の土砂の質、量との関係が明らかになりつつある。

なお、小出水時の観測では、現状の観測柵の容量不足が指摘されており、今後施設の改良検討及び観測データの蓄積が必要である。

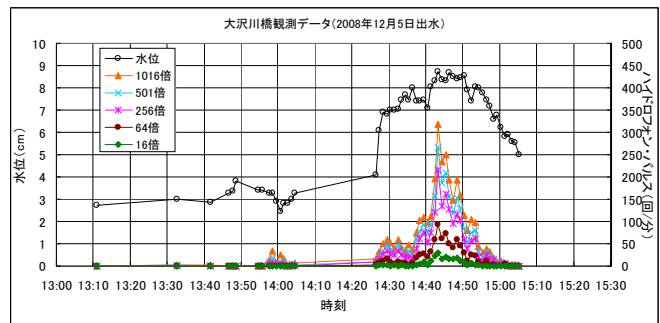


図-10 出水期間中観測されたパルス数と水位

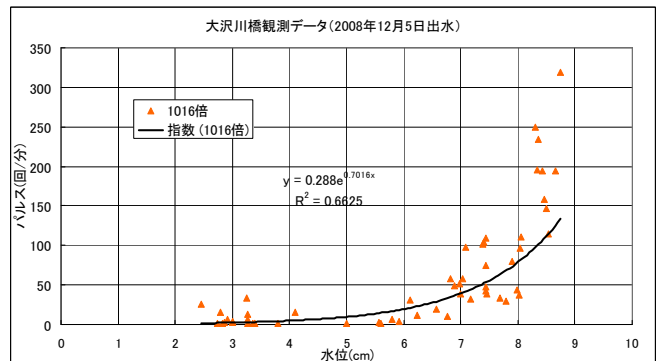


図-11 増幅率1016倍のパルス数と水位との関係

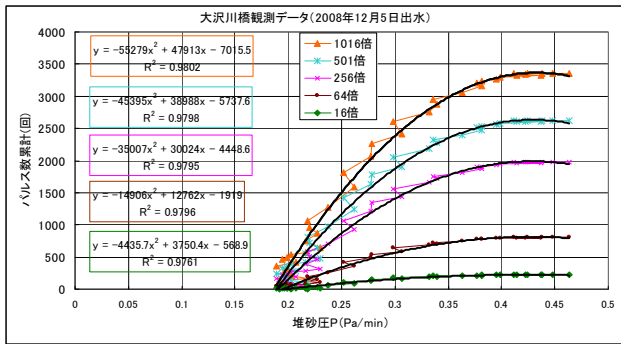


図-12 堆砂圧の増加と累計パルス数の関係

7. おわりに

大沢崩れの崩壊・流出土砂量の推定は、これまで蓄積されてきた貴重な計測データによって可能となった。

継続的に航空レーザ計測やDMCによる撮影、土石流の観測と監視により、上流からの供給土砂量を把握し、

かつ大沢川扇状地下流で流砂量を時系列的に把握できれば、流水外力等と関連づけて土砂移動モデルの構築が可能となり、より効果的な対策が可能となると思われる。

また、流砂量観測の自動化が可能となれば、土石流発生による上流の移動土砂量、大沢川扇状地の補足土砂量、大沢川扇状地からの流出土砂量が早期に計測でき、土石流発生時に迅速な対応が可能になると思われる。

今後は計測データを速やかに公表することにより、流域住民の大沢崩れに対する関心を高め、防災情報として利用が定着されることが望まれる。

○航空レーザによる計測

○ハイドロフォンによる観測

○高解像度デジタル航空カメラによる開口亀裂の計測

これら整備された調査体制により、「迅速な情報発信」に今後とも努めていきたい。