

# UAV(無人航空機)を用いた砂防堰堤の堆砂量管理への取り組み

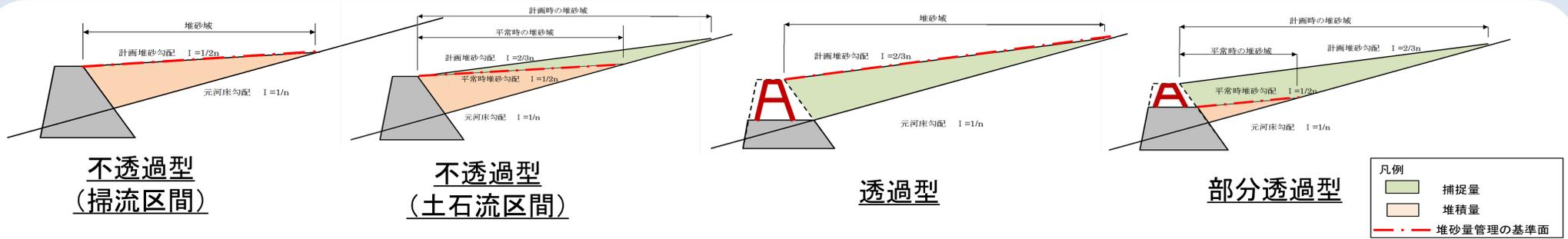
## 1. はじめに

### 近年における砂防堰堤の施設管理の傾向

越美山系砂防事務所は、182箇所完成した砂防施設を施設点検として目視でおこない堆砂量管理している。一方、近年土石流危険渓流を中心に、砂防堰堤の堆砂敷きを常に空にしておく、管理型砂防堰堤が管内でも増加している。これらの砂防堰堤について堆積土砂量の適正な把握が重要となる。しかし、砂防堰堤の堆砂敷は急峻な地形や流水のため安全に立ち入って測量できないばかりか、1箇所の測量にかかる時間が長時間に及び、作業性が著しく悪いのが現状である。また、出水後及び発災後は安全かつ短時間で調査できることが望まれている。

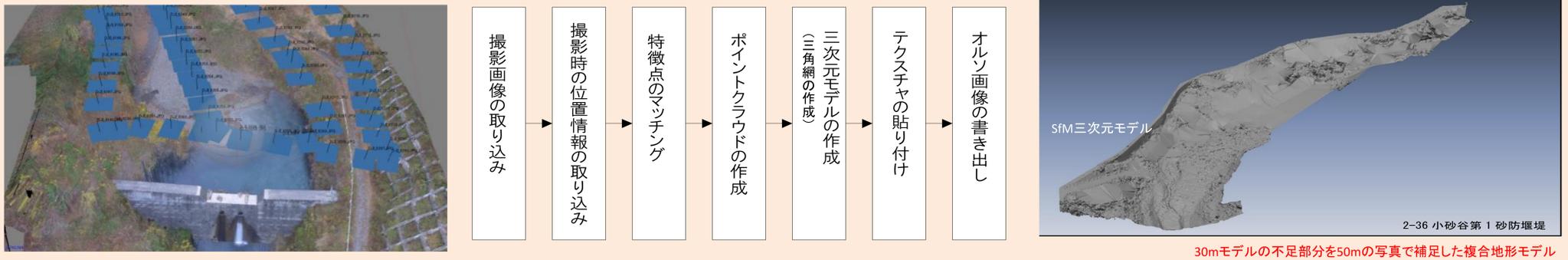
近年技術の進歩が著しいUAV及びSfM\*技術を用いて、発災後を想定した砂防堰堤の堆砂状況を安全かつ効率的に把握するとともに、把握に当たっての課題抽出を行った。\*SfM: Structure from Motion(撮影した複数の静止画の画像から三次元形状を復元)

### 各堰堤の型式における堆砂量管理の基準面



## 2. 三次元モデルの作成

モデル化に使用する写真は精度を重視し、標高の影響がないH:30mモデルを基本とする。ただし、30mからの撮影では、撮影範囲が狭くなり写真の重ね合わせが多くなるが、写真の共通点の抽出が困難になりモデル作成ができない場合があることから、構築するモデルは30mの写真に50mの撮影写真を適宜加えた複合地形モデルとした。



## 3. 堆砂敷の計測における精度

### 必要となるデータ精度の考え方

土石流発生直後では、堆砂敷への安全な立入が難しいため、その中で適正な精度をもった地形の把握が必要となる。また、堆砂敷の管理は堆砂率5~10%程度の単位で行うと考えれば必要な精度は数百m<sup>3</sup>程度で良い。

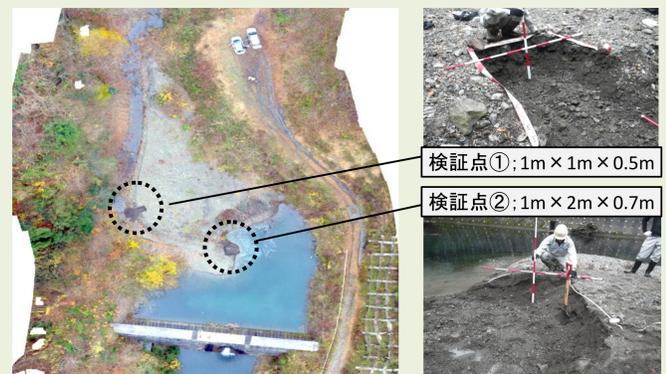
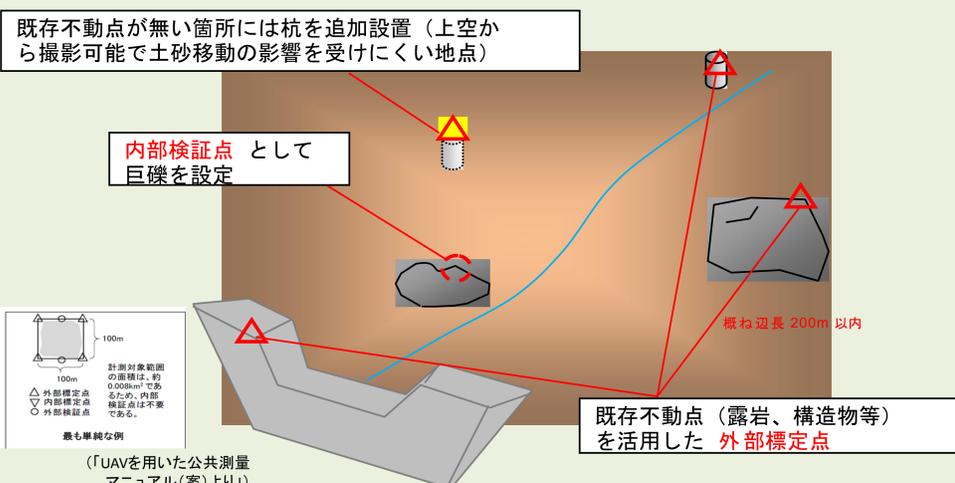
「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」を参考に、砂防堰堤における堆砂変動量を百m<sup>3</sup>オーダーで把握しようとした場合、誤差※は0.2m以内に抑える事が望ましい。 ※ここで述べる誤差とは、水平位置、標高を意味する。

### 精度検証 土砂変動量把握の現地検証

所要の精度が確保できるか確認するため、堆砂敷に人為的な掘削箇所を設け、その場所のモデル化及び掘削前後での変動量を計測した。その結果、設定した精度は確保できることを確認した。

### 土砂移動量把握のための現地検証

### 地物による簡易な標定点・検証点の例



【検証点①の結果】 深さ:0.48m 差分体積:0.78m<sup>3</sup>  
【検証点②の結果】 深さ:0.57m 差分体積:1.95m<sup>3</sup>

検証点における精度検証結果

検証点	縦	横	深さ	体積
検証点①	1m	1m	0.5m	0.5m <sup>3</sup>
検証点②	1m	2m	0.7m	1.4m <sup>3</sup>

表3 SfM三次元モデル解析結果

差分結果	深さ	体積
検証点①	0.48m	0.78m <sup>3</sup>
検証点②	0.57m	1.95m <sup>3</sup>

【例】堰堤幅: 60m  
計測対象となる堆砂長: 200m  
評定点: モデルを構築する固定点となり、かつ標高等の情報を持つ点  
検証点: モデルを構築する固定点となり、かつ構築したモデルの誤差等を確認する点



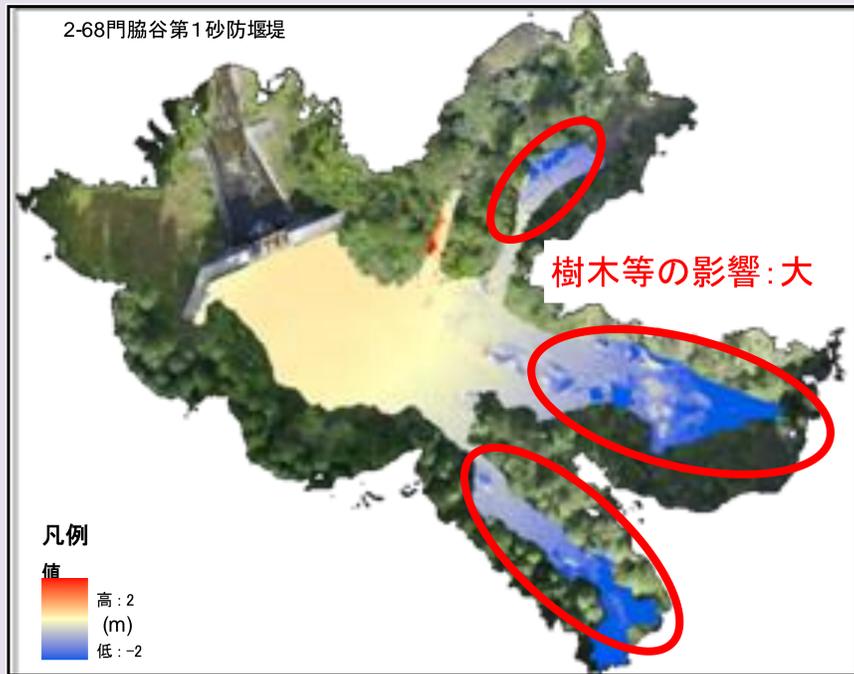
# UAV(無人航空機)を用いた砂防堰堤の堆砂量管理への取り組み

## 4. 堆砂量把握の結果と課題

調査期間中に土砂移動を伴うような降雨は確認されなかったが、2時期の調査解析結果から差分を集計したところ、数千 $m^3$ 程度の変動が算出された。そのため、裸地部分に限定して集計したところ、変動量は数百 $m^3$ 程度と想定内の誤差内に収まる値が得られた。

	型式	構築面積割合 (作成された地形モデル/ 計画堆砂域) %	変動量 $m^3$	範囲を限定した集計		集計範囲を限定した変動量 $m^3$
				集計面積 $m^2$	集計面積/ 計画堆砂域 %	
A	不透過型	73.3	-2,108	78.9	2.5	1.1
B	不透過型	64.3	-610	43.7	3.7	-5.1
C	不透過型	68.6	-7,245	951.6	9.3	-524.4
D	部分透過型	47.7	-3,175	1,738.0	14.3	202.7

2時期の差分図(左)と裸地部分に集計範囲を限定したイメージ図(右)

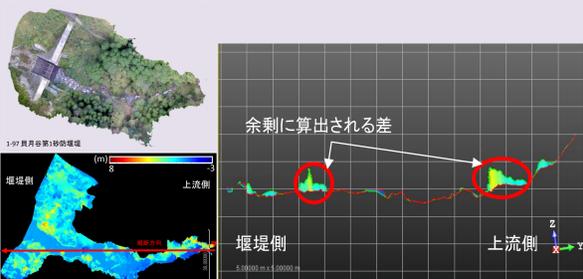


一方で、植生や水面(湛水)等による影響を受けることが明らかとなった(下記参照)。

### 堆砂敷の特性に応じた解析作業の留意点

堆砂敷周辺の要因	想定される影響とその度合い
樹木	影響: 大 (変動量が過大に算出される)
草本類	影響: 中 (変動量が過大に算出される)
水面	影響: 大 (水面下の地形を捉えにくい)
堆砂敷の土砂性状	影響は認められない
撮影時間帯(陰影)	影響: 中 (写真の白飛び・黒潰れに起因)

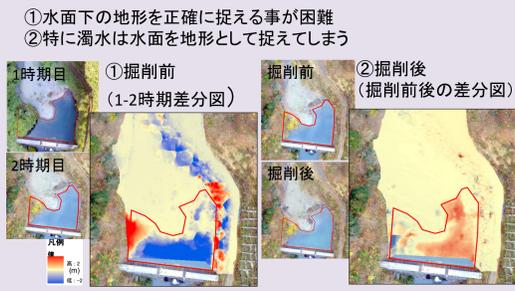
### 樹木の被覆による影響: 大



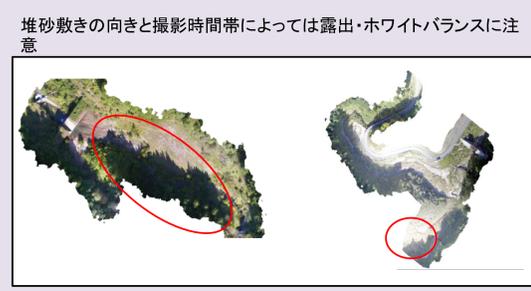
### 草本類による影響: 中



### 水面(湛水)による影響: 大

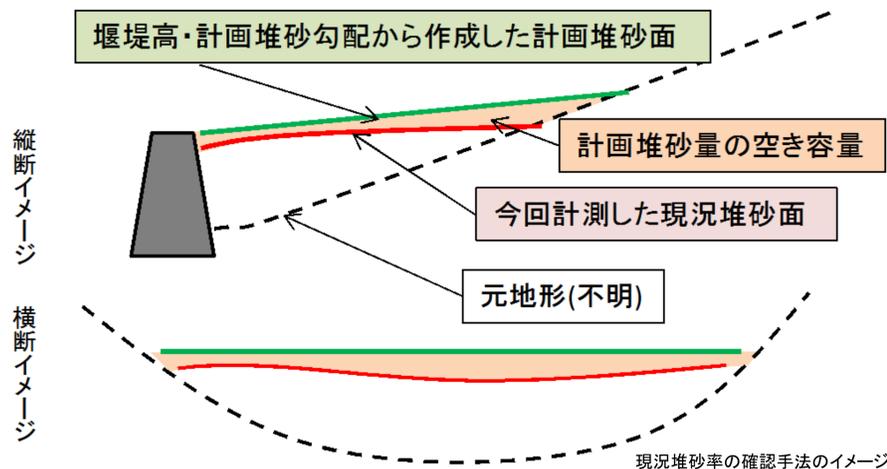


### 撮影時間帯(陰影)の影響: 中



## 5. おわりに

### 施設管理(堆砂率の算定)への活用【案】



- 1) SfMIにより現況堆砂面を作成
- 2) 堰堤位置から計画堆砂面を作成
- 3) 1)と2)の差分で堆砂空間の空き容量を算定
- 4) 計画堆砂量から3)を引くことで、現況堆砂量を算定、さらに計画堆砂量で除することで堆砂率を算定

2時期の差分解析結果として、比較範囲を裸地に限定すると、計測結果は所要の精度が確保できた。一方、各堆砂敷の特性(樹木や水面等)の影響から、堆砂敷全体を三次元モデル化すると上記の課題を解消しなければならない。

今後は木本類等の影響を解消する方法を探り、モデル化範囲やデータ精度の向上化を図りたい。また、写真解析による堆砂面の計測は、従来の堆砂測量に比べて、安全で短時間かつ面データとして情報が得られるメリットがある。このような点を生かし、施設管理への活用策を探っていきたいと考えている。